



Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 2. С. 115–123

*Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 2, pp. 115–123

<https://geo.sgu.ru>

<https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-2-115-123>, EDN: JNYOYJ

Научная статья

УДК 551.462+551.417(262.5)

## Гранулометрические особенности обломочного материала современных пляжей Севастополя

И. В. Агаркова-Лях<sup>1✉</sup>, А. М. Лях<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт природно-технических систем, Россия, 299011, г. Севастополь, ул. Ленина, д. 28

<sup>2</sup>Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Россия, 299011, г. Севастополь, проспект Нахимова, д. 2

Агаркова-Лях Ирина Владимировна, кандидат географических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории экологических проблем природопользования, [iva\\_crimea@mail.ru](mailto:iva_crimea@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8471-2344>, AuthorID: 826780

Лях Антон Михайлович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела планктона, [me@antonlyakh.ru](mailto:me@antonlyakh.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7698-3961>, AuthorID: 204956



**Аннотация.** Рассмотрена история изучения гранулометрического состава обломочного материала пляжей Севастополя в научных публикациях с середины XX в. по настоящее время. Рассчитаны гранулометрические характеристики (квартили, медианный диаметр, коэффициент сортировки) наносов естественных неофициальных пляжей Севастополя, расположенных в бухтах Севастопольская, Карантинная и Казачья. Составлены кумулятивные кривые и диаграммы гранулометрического состава пляжевых наносов. Проведен анализ общих особенностей гранулометрического состава пляжевых наносов в бухтах и их распределения по профилю изучаемых пляжей. Вскрыты отличия в размерах и степени сортированности наносов на пляжах, расположенных в разных частях севастопольских бухт. Выявлены факторы, определяющие основные гранулометрические характеристики обломочного материала современных пляжей Севастополя. Осуществлена типизация пляжей по размерному составу доминирующих фракций.

**Ключевые слова:** пляжевые наносы, гранулометрический анализ, гранулометрический состав, доминирующая фракция, медианный диаметр наносов, коэффициент сортировки, Севастопольские бухты

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках государственных заданий ФГБНУ ИПТС (№ госрегистрации 124013000609-2) и ФИЦ ИнБЮМ (№ госрегистрации 124030400057-4).

Авторы благодарят кандидата биологических наук Е. Н. Сибирцову за возможность использования материалов совместных полевых работ по пляжам «Константиновский» и «ТЭЦ»; Н. А. Васейкину за отбор проб на пляжах «Северный», «Старо-Северный» и помощь в лабораторной обработке и проведении расчетов для части проб.

**Для цитирования:** Агаркова-Лях И. В., Лях А. М. Гранулометрические особенности обломочного материала современных пляжей Севастополя // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. 2025. Т. 25, вып. 2. С. 115–123. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-2-115-123>, EDN: JNYOYJ

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0)

Article

### Granulometric features of the detrital material of modern beaches of Sevastopol

I. V. Agarkova-Lyakh<sup>1✉</sup>, A. M. Lyakh<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Natural and Technical Systems, 28 Lenina St., Sevastopol 299011, Russia

<sup>2</sup>A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, 2 Nakhimov Ave., Sevastopol 299011, Russia

Iryna V. Agarkova-Lyakh, [iva\\_crimea@mail.ru](mailto:iva_crimea@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8471-2344>, AuthorID: 826780

Anton M. Lyakh, [me@antonlyakh.ru](mailto:me@antonlyakh.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7698-3961>, AuthorID: 204956

**Abstract.** The history of studying the granulometric composition of the detrital material of the beaches of Sevastopol in scientific publications from the middle of the twentieth century to the present is considered. The granulometric characteristics (quartiles, median diameter, and sorting coefficient) of sediments from natural unofficial beaches of Sevastopol located in the bays of Sevastopolskaya, Karantinnaya, and Kazachaya have been calculated. Cumulative curves and diagrams of the granulometric composition of beach sediments have been compiled. The analysis of the general features of the granulometric composition of beach sediments in the bays and their distribution according to the profile of the studied beaches is carried out. Differences in the size and degree of sediment sorting on beaches located in different parts of Sevastopol bays have been revealed. The factors determining the main granulometric characteristics of the detrital material of modern beaches of Sevastopol are identified. Beaches are typified according to the size composition of the dominant fractions.

**Keywords:** beach sediments, granulometric analysis, granulometric composition, dominant fraction, median sediment diameter, sorting coefficient, Sevastopol bays

**Acknowledgements:** The work was performed within the framework of the state assignments of the Institute of Natural and Technical Systems (state registration No. 124013000609-2) and A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS (state registration No. 124030400057-4).



The authors would like to thank Elena N. Sibirtsova (PhD in biology) for the opportunity to use materials from joint field work on the beaches of "Konstantinovskiy" and "TETS"; Natalya A. Vaseikina for sampling on the beaches of "Severnyi" and "Staro-Severnyi" and assistance in laboratory processing and calculations for some samples.

**For citation:** Agarkova-Lyakh I. V., Lyakh A. M. Granulometric features of the detrital material of modern beaches of Sevastopol. *Izvestiya of Saratov University. Earth Sciences*, 2025, vol. 25, iss. 2, pp. 115–123 (in Russian). <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2025-25-2-115-123>, EDN: JNYOYJ

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY 4.0)

## Введение

В береговой зоне Мирового океана отмечается дефицит прибрежно-морских наносов [1]. Сходные процессы наблюдаются и на черноморских берегах России [2]. Для восстановления пляжей активно применяется искусственная подсыпка в береговую зону обломочного материала, получающая все большее развитие и в Крыму [3]. Это приводит к нарушению естественных свойств пляжного обломочного материала: его размерного (механического, гранулометрического) и вещественного (петрографического) состава. В результате, все меньше остается пляжей, позволяющих наблюдать за их многолетними естественными изменениями.

Пляжи Севастополя в гранулометрическом отношении изучались мало, поэтому качественно-количественный анализ формирующего их обломочного материала представляет актуальную научно-практическую задачу. Прикладные аспекты ее решения кроются в возможностях использования информации о гранулометрическом составе обломочного материала для планирования и координации хозяйственной деятельности в береговой зоне моря: обустройства новых пляжей, создания и обновления берегового кадастра, паспортизации приморских территорий и других.

**Цель работы** – провести типизацию и выявить ведущие факторы формирования гранулометрических особенностей обломочного материала современных пляжей Севастополя между

мысами Константиновский и Херсонес с естественным питанием обломочным материалом. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: 1) исследовать и проанализировать гранулометрические характеристики пляжевых наносов в изучаемом районе; 2) провести типизацию пляжей по особенностям гранулометрического состава образующего их материала; 3) на основе типизации и ведущей роли факторов, определяющих основные гранулометрические характеристики пляжей, выявить среди них наиболее перспективные в рекреационном отношении необорудованные естественные пляжи.

В качестве объектов и района исследования взяты неофициальные или так называемые «дикие» пляжи, расположенные между мысами Константиновский и Херсонес (рис. 1), которые имеют сходные генезис и источники питания, физико-географические условия развития (тип, геология и литологический состав берегов; характер и скорости береговых процессов; гидро- и литодинамическая обстановка). К ним относятся пляжи: «Константиновский», «Старо-Северный», «Северный», «ТЭЦ» (аббревиатура от Теплоэлектроцентраль), «Скалки», у заповедника «Херсонес Таврический», «Лягушка», у памятника Святому Клименту, у отеля «Мыс», у мыса Херсонес (см. рис. 1). Названия пляжей даны по их исторически сложившимся наименованиям; близости к географическим, ис-



Рис. 1. Районы проведения исследований и отбора проб пляжевых наносов (черная звездочка). Цифрами на карте обозначены пляжи: 1 – «Константиновский», 2 – «Старо-Северный»; 3 – «Северный»; 4 – «ТЭЦ»; 5 – «Скалки»; 6 – у заповедника «Херсонес Таврический»; 7 – «Лягушка»; 8 – у памятника Св. Клименту; 9 – у отеля «Мыс»; 10 – у мыса Херсонес



торическим, рекреационным или антропогенным объектам.

### Материалы и методы

При написании работы основными источниками информации выступили: материалы собственных полевых исследований, информационная система Google Планета Земля, опубликованные работы.

Полевой этап проведен в 2018–2022 гг. Отбор пляжевого материала осуществлялся по профилю пляжа от уреза к его верхней части на глубину до 0.05–0.1 м в точках, соответствующих нижней, средней и верхней частям пляжа (в зависимости от его ширины) по нормали к береговой линии. Вследствие небольшой ширины большинства пляжей, отбор проб проводился, преимущественно, в нижней, реже – в их средней и верхней части.

Гранулометрический анализ проб проходил в лабораторных условиях ситовым методом без промывки водой согласно ГОСТ [4]. Влажные пробы предварительно высушивались естественным путем в лаборатории. Для отсева использовались сита с диаметром ячеек 0.1, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 и 10.0 мм. Визуально определялось присутствие в пробах биогенного (раковины, водоросли) и антропогенного (пластик, стекло, мусор) материала.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась в программе Excel. Методом квартилей рассчитывались медианный диаметр ( $Md$ ) и коэффициент сортировки ( $So$ ) пляжевых наносов по [5]. Итоги гранулометрического анализа каждого пляжа представлены на графиках кумулятивных кривых. Название размерности пляжевого материала давалось по доминирующей фракции в соответствии с классификацией [6].

### Результаты и их обсуждение

Несмотря на давний интерес исследователей к Черному морю, его пляжам уделялось незначительное внимание до середины 40-х гг. XX в., когда были начаты обширные работы на побережье СССР от устья р. Дунай на западе до устья р. Чорох на востоке под руководством В. П. Зенковича. Они позволили изучить закономерности формирования и источники питания пляжей Северного Причерноморья, Крыма и Кавказа; выявить направления движения вдольбереговых потоков наносов, ответить на множество вопросов по лито- и гидродинамике в прибрежной зоне моря. Их итоги были опубликованы в трудах В. П. Зенковича, где были кратко охарактеризованы севастопольские пляжи [7–9].

В 50-е–60-е гг. XX в. появились результаты исследований гранулометрического, петрографического и минерального состава песчаных пляжей Крыма, включающие северное побережье

Севастополя между мысом Лукулл и Учкеевой [10–14]. В 70-е–80-е гг. в составе береговых работ по Черному морю пляжи Севастополя изучал Ю. Д. Шуйский [15–18]. С 1960-х до конца 1980-х гг. наблюдения на крымских берегах и пляжах, включая северную часть Севастополя, велись Институтом минеральных ресурсов (далее – ИМР).

После распада СССР наступил длительный перерыв в изучении черноморских пляжей, сменившийся их активизацией лишь с середины первого десятилетия XXI в. Качественная оценка гранулометрического состава (далее – грансостава) пляжей Севастополя была сделана в работах [19–27]. Количественный гранулометрический анализ пляжевого материала в бухтах Севастополя ранее не проводился, за исключением кратких исследований бухт Круглая и Казачья, проведенных ИМР в 80-е гг. XX в.

Согласно [28], берега бухт между мысами Константиновский и Херсонес являются абразионно-бухтовыми ингрессионными (или риасовыми). Они представляют собой результат эрозионно-тектонического расчленения западного фланга антиклинория Горного Крыма с последующим затоплением морской водой низовых рек в ходе голоценовой трансгрессии и образованием бухт. На этом участке побережья в вершинах более двадцати бухт формируются небольшие естественные пляжи абразионного типа питания (за счет продуктов разрушения морских берегов и прилегающего дна) [14]. Незначительная роль в подпитке пляжей принадлежит вдольбереговым потокам наносов, с которыми в бухты заносится обломочный материал из открытой части моря, и выбросам донной ракушки. Вследствие дефицита обломочного материала, ширина пляжей невелика и составляет до 20–30 м. Наибольшие из пляжей благоустроены, имеют статус официальных городских пляжей и активно используются в рекреации. Обломочный материал официальных пляжей восполняется его искусственными подсыпками. Меньшие по размерам, так называемые «дикие» пляжи являются неофициальными, но пользуются популярностью у жителей несмотря на отсутствие благоустройства. Эти пляжи сложены природным обломочным материалом, грансостав которых является предметом исследования данной работы. Далее охарактеризуем итоги гранулометрического анализа «диких» пляжей Севастополя в направлении с востока на запад, сгруппировав их по бухтам.

#### *Бухта Севастопольская*

Пляж «Константиновский» находится в одноименной бухте у северного берега Севастопольской бухты. Его ширина составляет 3–6 м. В летний период в верхней части пляжа доминировали пески средней крупности; в средней



части – грубые пески; в нижней – мелкий гравий [27]. Медианный диаметр (Md) пляжевых наносов в верхней части пляжа составил 0.62 мм; в средней – 1.67 мм; у уреза – 4.16 мм. Коэффициент сортировки (So) в верхней части пляжа был 1.57; в средней – 1.66; в нижней – 2.56 (рис. 2).

Анализ грансостава наносов в осенний период показал, что в верхней и средней частях пляжа доминирующие фракции не изменились, но их Md сократился до 0.47 мм в верхней части и 1.64 мм – в средней. Осенью повысилась степень сортированности пляжевых наносов по сравнению с летом и So, соответственно, уменьшился: до 1.44 в верхней и 1.51 в средней части пляжа.

Уменьшение медианы и увеличение отсортированности наносов в осенний период говорит о значимой роли волновой активности в переработке пляжевых наносов. При этом следует отметить, что в наблюдаемый промежуток времени длительностью 2.5 месяца отмечалась, преимущественно, спокойная ветро-волновая обстановка: только на протяжении 9 дней в сентябре и октябре скорость ветра достигала 6–8 м/с [29]. Это указывает на то, что в холодный период с ростом штормов здесь происходит активный обмен веществом между сушей и морем и переработка наносов по всему профилю пляжа (включая вынос загрязнений с пляжа в море и обратно).

В составе наносов всех частей пляжа летом и осенью обнаружены битая и целая ракушка, сухие водоросли; антропогенный мусор (микропластик, битое стекло).

В летний сезон в верхней части пляжа целые раковины *Bittium reticulatum* присутствуют во фракциях 1–5 мм; битая ракушка – во фракциях 2–5 мм. В средней и нижней частях пляжа найде-

ны целые раковины во фракциях 1–10 мм (*Bittium reticulatum* во фракциях 1–5 мм и 1–2 мм соответственно; sp. *Tritia* во фракции 5–10 мм). Обломки ракушки присутствуют во фракциях 1–10 мм в нижней, во фракциях до 2 мм и более 10 мм – в средней части пляжа.

Осенью в верхней части пляжа целые раковины *Bittium reticulatum* обнаружены во фракции 1–2 мм. В средней части пляжа целые раковины отмечаются во фракциях от 1 до 10 мм (преимущественно *Bittium reticulatum*; реже – sp. *Tritia*). Битая ракушка присутствует в средней части пляжа во всех фракциях более 0.5 мм; в верхней части – от 0.5 до 5 мм (во фракции 0.5–1 мм найдены битые *Mytilidae* gen. sp.).

Сухие водоросли встречаются в летний сезон во фракции 1–2 мм во всех частях пляжа, во фракции 2–5 мм в средней и нижней части, во фракции 0.5–1 мм в нижней части пляжа. Осенью сухие водоросли отмечены во всех фракциях более 0.5 мм (кроме 5–10 мм) в средней части, во фракции более 10 мм – в верхней части пляжа.

Летом и осенью во всех частях пляжа присутствует большое количество антропогенного мусора и битого стекла (последнее – во фракциях более 0.5 мм в верхней и средней части пляжа; во фракциях более 1 мм – в его нижней части). Микропластик летом выявлен в средней и нижней частях пляжа во фракциях соответственно 2–10 и 1–2, 5–10 мм; осенью – в средней части пляжа во всех фракциях крупнее 0.5 мм.

Подытоживая особенности грансостава наносов пляжа «Константиновский» в летний и осенний сезоны, и их распределения по профилю пляжа, следует отметить, что у уреза воды отмечен наиболее крупный и хуже всего сортированный материал. По профилю пляжа от уреза

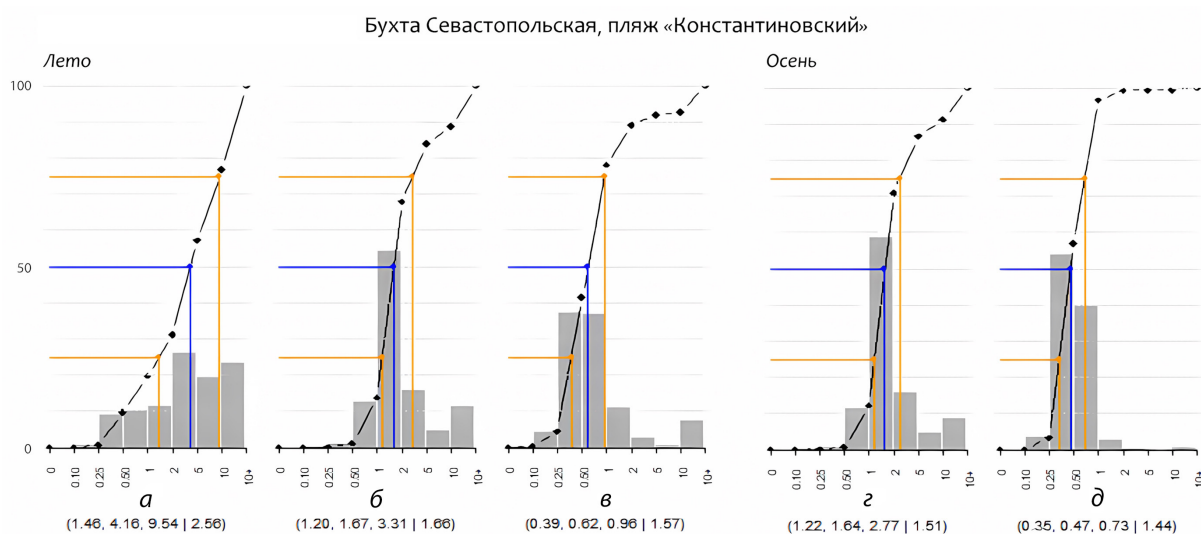


Рис. 2. Кумулятивные кривые и диаграммы грансостава наносов пляжа «Константиновский»: а – нижняя; б, в – средняя; в, д – верхняя части пляжа (1.46 мм – 25% наносов; 4.16 – 50% наносов; 9.54 – 75% наносов | 2.56 – коэффициент сортировки) (цвет онлайн)



к его верхней части происходит: уменьшение размера доминирующей фракции и Md наносов; увеличение степени сортированности наносов; сокращение числа фракций, в которых присутствуют целые раковины моллюсков.

Пляж «Старо-Северный» находится в одноименной бухте у северного берега бухты Севастопольской. Его ширина составляет 2–3 м. В нижней части пляж сложен песками средней крупности. Его материал имеет Md 0.45 мм и So 1.65 (рис. 3). Во фракциях 2–10 мм присутствуют битые створки *sp. Mytilidae gen. sp.* Во фракции 2–5 мм обнаружены целые раковины *Bittium reticulatum*. Во всех фракциях отмечено битое стекло; фрагменты пластика и керамики встречаются во фракции более 10 мм.

Пляж «Северный» находится в восточной части одноименной бухты у северного берега бухты Севастопольской. Его ширина составляет 12–20 м. В верхней части пляж сложен крупным песком. Пляжевые наносы имеют Md 0.63 мм и So 1.47 (см. рис. 3). Во фракциях 0.5–5 мм обнаружены целые раковины *Bittium reticulatum*; во всех фракциях – битая ракушка. Сухие водоросли отмечены во фракциях более 5 мм. В пробе присутствует разнообразный антропогенный мусор: пенопласт, пластик, металл, древесина, стекло.

В нижней части пляж представлен грубым песком. Материал пляжа имеет Md 0.97 мм и So 1.83 (см. рис. 3). Битая ракушка и целые раковины *Bittium reticulatum* встречаются во фракциях 2–10 мм. Во фракциях более 5 мм имеются сухие водоросли. Из антропогенного мусора присутствует стекло.

По профилю пляжа «Северный» от уреза к его верхней части происходит уменьшение

размера доминирующей фракции, Md наносов и рост их сортированности.

Пляж «ТЭЦ» находится в вершине бухты Севастопольской близ впадения в нее р. Черная. Его ширина составляет 1–1.5 м. В нижней части пляжа доминирует фракция мелкой дресвы. Md наносов составляет 3.55 мм, So – 2.34 (см. рис. 3). Во всех исследованных фракциях присутствуют битая ракушка и сухие водоросли. Во фракциях 0.5–1, 2–5 и более 10 мм обнаружен пластик. Из-за значительной удаленности от входа в бухту сюда проникает лишь очень слабое ветровое волнение, поэтому обломочный материал плохо окатан и отсортирован. Доминирующая фракция, значения Md и So близки к таковым на урезе пляжа «Константиновский».

#### Бухта Карантинная

Пляж «Скалки» находится на берегу открытой к морю восточной части Карантинной бухты. Его ширина составляет 7 м. В нижней части пляж сложен известняковой галькой. Наносы имеют Md более 10.0 мм и So 1.26 (рис. 4). Во всех фракциях пробы присутствует битая ракушка, представленная *Mytilidae gen. sp.* во фракциях 2–10 мм. Во всех фракциях выявлено стекло разной степени окатанности. Во фракциях 1–5 мм встречаются целые раковины *Bittium reticulatum*. Пляж расположен напротив входа в бухту, поэтому открыт к морскому волнению, а при некоторых его направлениях может испытывать очень сильное волновое воздействие. Хорошая степень сортировки наносов пляжа свидетельствует об устойчивом ветро-волновом режиме на его берегу. Кроме того, пляж граничит с участком

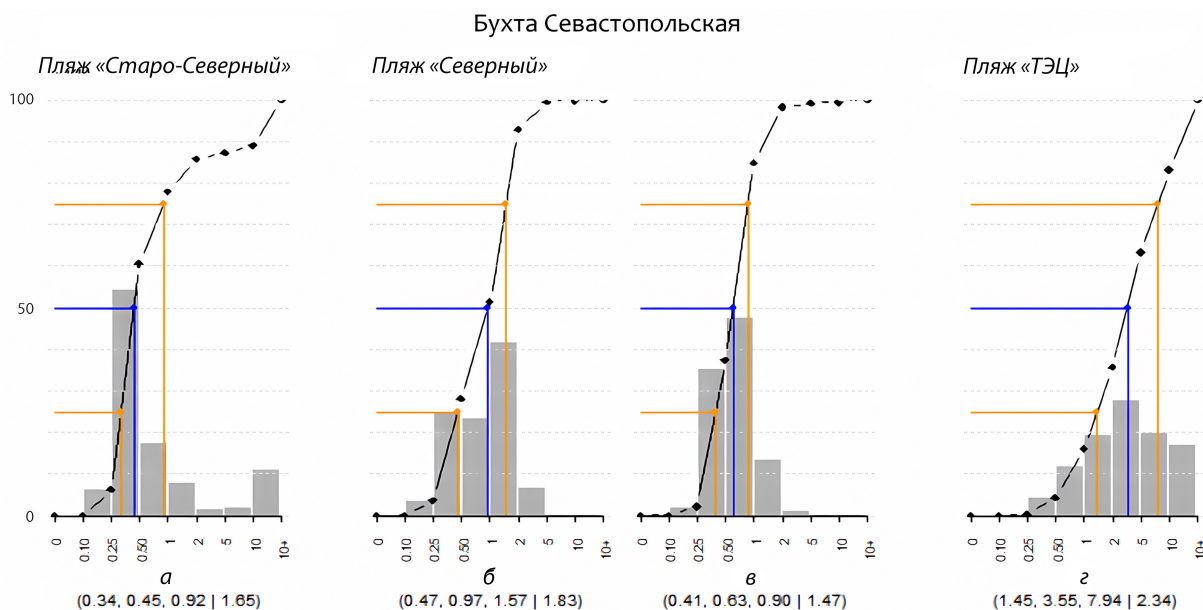


Рис. 3. Кумулятивные кривые и диаграммы грансостава наносов пляжей «Старо-Северный», «Северный» и «ТЭЦ»: а, б, г – нижняя часть пляжа; в – верхняя часть пляжа (цвет онлайн)





высокого берега, где развиты обвалы и оползни, которые пополняют пляж «Скалки» обломочным материалом.

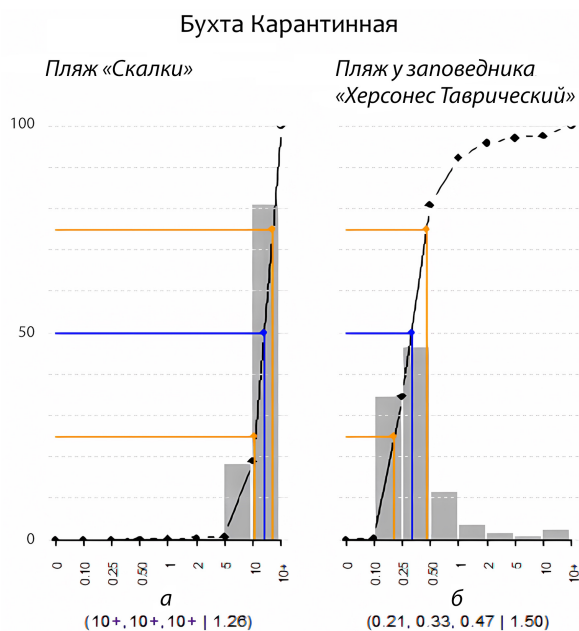


Рис. 4. Кумулятивные кривые и диаграммы грансостава наносов пляжей «Скалки» (а) и у заповедника «Херсонес Таврический» (б) (цвет онлайн)

Пляж у заповедника «Херсонес Таврический» находится в западной части бухты Карантинная. Его ширина составляет 3–7 м. В средней части пляж сложен средним песком.  $Md$  пляжевых наносов составляет 0.33 мм,  $So$  – 1.50 (см. рис. 4). Во всех фракциях от 0.5 до 10 мм обнаружены битая ракушка и сухие водоросли, целые раковины и створки моллюсков (*Bittium reticulatum*, *Mytilidae* gen. sp. и др.). Битое плохо окатанное стекло встречено во фракциях более

1 мм. Среди антропогенного мусора также встречен пенопласт. Мелкообломочный состав пляжа связан с его нахождением под прикрытием выступающего в море соседнего участка берега (в зоне ветро-волновой «тени»), благодаря чему здесь имеются условия для аккумуляции мелкообломочного материала.

#### Бухта Казачья

Пляж «Лягушка» находится в вершине бухты Казачья. Его ширина составляет до 15 м. В нижней части пляжа преобладает галька.  $Md$  пляжевых наносов составляет 3.63 мм,  $So$  – 2.70 (рис. 5). Во фракциях 1–5 и 5–10 мм присутствуют битая ракушка и целые раковины *Bittium reticulatum*. Во фракциях более 5 мм отмечены целые створки раковин. Сухие водоросли обнаружены во фракциях более 2 мм. Из антропогенного материала во фракции 2–5 мм встречено окатанное стекло. Хорошая окатанность наносов этого пляжа говорит о значимой роли морского волнения. Однако, как и в вершине бухты Севастопольской (пляж «ТЭЦ»), здесь доминирует крупнообломочный материал, представленный многими фракциями, с низкой сортировкой.

Пляж у памятника Святому Клименту находится в средней восточной части бухты и имеет ширину до 2 м. В его нижней части доминирует мелкий гравий.  $Md$  пляжевых наносов составляет 3.42 мм,  $So$  – 1.71 (см. рис. 5). Во фракциях от 1 до 10 мм обнаружена битая ракушка и целые раковины *Bittium reticulatum*. Во фракции более 10 мм отмечены створки раковин и сухие водоросли. В пробе присутствует антропогенный мусор (стекло, пластик). Во фракциях 2–10 мм имеется плохо окатанное битое стекло.

Пляж у отеля «Мыс» находится на западном берегу бухты. Его ширина составляет до 7–10 м.

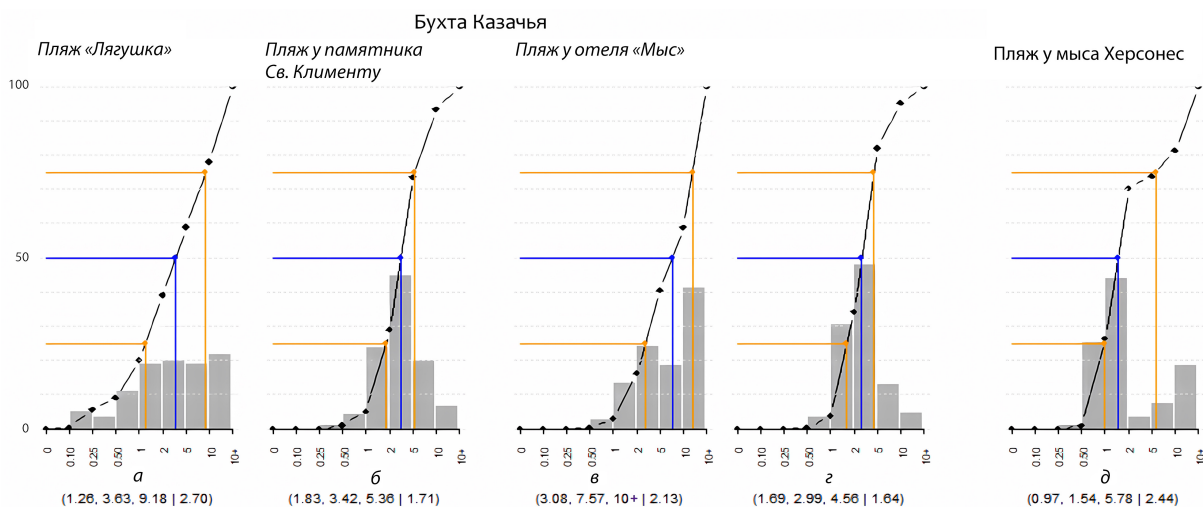


Рис. 5. Кумулятивные кривые и диаграммы грансостава пляжевых наносов в бухте Казачья и у мыса Херсонес: а, б, в, д – нижняя часть пляжа, г – средняя части пляжа (цвет онлайн)



В средней части пляжа доминирует фракция мелкого гравия. Пляжевые наносы имеют  $Md$  2.99 мм и  $So$  1.64. В пляжевых наносах во фракциях от 1 до 10 мм присутствует битая ракушка и целые раковины *Bittium reticulatum*; во фракции более 10 мм – сухие водоросли. Плохо окатанное стекло встречено во фракциях более 2 мм.

В нижней части пляжа состав наносов галечный.  $Md$  равен 7.57 мм,  $So$  – 2.13 (см. рис. 5). Во фракциях 1–5 мм имеются целые раковины *Bittium reticulatum*; более 5 мм – сухие водоросли. Из антропогенного мусора присутствует пластик и стекло. Стекло хорошо обработано во фракциях 1–5 мм, плохо обработано – во фракции более 10 мм.

Пляж у мыса Херсонес находится на открытом побережье в небольшой вогнутости берега. Его ширина составляет около 2 м. В нижней части пляжа преобладает грубый песок. Его наносы имеют  $Md$  1.54 мм и  $So$  2.44 (см. рис. 5). Слабая сортированность материала обусловлена нахождением пляжа на открытом берегу с неустойчивым ветро-волновым режимом. В составе пляжевых наносов присутствуют сухие водоросли, битая (*Rapana venosa*) и целая ракушка (*Tritia* sp.). Антропогенный материал во всех фракциях пробы представлен битым стеклом разной степени окатанности.

Оценить изменения грансостава естественных пляжей Севастополя позволяют лишь сравнение наших данных с результатами единственных их исследований в бухтах Круглая и Казачья, проведенных в 1986 г. ИМР. Тогда они были сложены песками средней крупности с долей ведущей фракции 68% в бухте Круглая и 62% в бухте Казачья. Второе место занимал крупный песок с долей 15 и 30% соответственно. Грубый и мелкий песок составлял первые %. Следует отметить, что в настоящее время похожий среднеспесчаный грансостав сохраняется на пляжах бухты Севастопольской (верхняя часть «Константиновского», нижняя часть «Старо-Северного») и Карантинной (средняя часть у заповедника «Херсонес Таврический»).

## Заключение

Изучение грансостава обломочного материала естественных пляжей Севастополя выявило ведущую роль в его формировании источников поступления наносов и характера ветро-волнового режима. Среди гранулометрических особенностей материала исследованных пляжей можно выделить общие и индивидуальные черты.

Общность грансостава наносов пляжей проявляется в разнообразии размерных фракций, что подтверждает естественный характер источников поступления сюда обломочного материала, представленного, главным образом, продуктами разрушения берегов, сложенных неогеновыми известняками. В распределении доминирующих фракций и  $Md$  материала по профилю отмечается

характерная для пляжей минерального состава особенность: уменьшение их размера и  $Md$  в направлении от уреза к верхней части пляжа. В том же направлении наблюдается рост сортированности пляжевых наносов. То есть у уреза воды или в нижней части пляжа встречен самый крупный и хуже всего отсортированный материал, представленный наибольшим числом фракций.

При одинаковых источниках поступления обломочного материала и в схожих ветро-волновых условиях пляжи, расположенные в смежных бухтах, имеют близкие характеристики грансостава. Так, сходство отмечается между пляжами «Константиновский», «Северный», «Старо-Северный» в пределах бухты Севастопольской; на пляжах «Лягушка», у памятника Св. Клименту и у отеля «Мыс» в бухте Казачья. В условиях разных ветро-волновой обстановки и источников поступления обломочного материала пляжи могут иметь существенные отличия в характеристиках грансостава ( $Md$  и  $So$ ) несмотря на их нахождение в пределах одной бухты. Подобные отличия отмечаются в бухте Карантинной между пляжами «Скалки» и у заповедника «Херсонес Таврический»; в бухте Севастопольской между пляжем «ТЭЦ» и пляжами «Константиновский», «Северный», «Старо-Северный».

При прочих равных условиях, чем спокойнее ветро-волновой режим, тем меньше  $Md$  наносов, а чем он более устойчив (стабилен, постоянен) – тем лучше их сортировка. С удалением от входа в бухты к их вершинам и ослаблением роли морского волнения, доминирующая роль в формировании грансостава переходит к источникам поступления обломочного материала, а на пляжах отмечается многообразие фракций, рост  $Md$  наносов и ухудшение их отсортированности.

Анализ особенностей грансостава пляжевых наносов позволил выделить среди них два типа пляжей (рис. 6). В первый тип входят пляжи, сложенные песками (преимущественно, средним, крупным или грубым): «Константиновский», «Старо-Северный», «Северный», у заповедника «Херсонес Таврический», у мыса Херсонес. Ширина пляжей позволила провести отбор проб в разных частях профиля (нижней, средней и верхней). Их наносы представлены фракциями в количестве от четырех до шести. Медианный диаметр всех проб на пляжах этого типа изменялся от 0.33 до 4.16 мм и обусловлен сравнительно спокойным ветро-волновым режимом на прилегающей акватории («под прикрытием» молов бухты Севастопольской находятся пляжи «Константиновский», «Северный», «Старо-Северный»; в зоне ветро-волновой «тени» – пляж у заповедника «Херсонес Таврический»).

Лучшая сортировка ( $So = 1.47–2.56$ ) материала этих пляжей, по-видимому, связана с более устойчивым режимом волнения. Самый крупный и хуже всего отсортированный материал



Рис. 6. Типизация пляжей по гранулометрическим характеристикам обломочного материала (красным цветом выделены пляжи первого типа; синим – второго типа). Условные обозначения см. рис. 1 (цвет онлайн)

встречен на урезе пляжа «Константиновский» с  $Md$  4.16 мм и  $So$  2.56. Наименьший размер наносов отмечен на пляже у заповедника «Херсонес Таврический» ( $Md = 0.33$  мм); лучше всего отсортированы наносы верхней части пляжа «Северный» ( $So = 1.47$ ). Пляжи «Константиновский», «Северный» и «Старо-Северный» имеют близкие значения  $Md$  и  $So$ ; в их грансоставе значительна роль целых раковин *Bittium reticulatum*.

Второй тип пляжей сложен крупнообломочным материалом (главным образом, гравием/дресвой, галькой/щебнем): «ТЭЦ», «Скалки», «Лягушка», у памятника Святому Клименту, у отеля «Мыс» (см. рис. 6). Из-за узости пляжей основная часть проб здесь бралась в нижней или приустьевой зоне. Число фракций изменяется от двух до шести. На пляжах этого типа медианный диаметр всех проб варьирует от 2.99 до более 10 мм. Самый крупный материал отмечен в Карантинной и Казацкой бухтах («Скалки» с  $Md =$  более 10 мм и у отеля «Мыс» с  $Md = 7.57$  мм) и обусловлен двумя причинами. Во-первых, слабое антропогенное преобразование их морских берегов позволяет им выступать поставщиками материала в море с разными береговыми процессами (обвалы, осыпи, оползни, абразия). Во-вторых, открытость этих бухт к морю определяет здесь более суровый волновой режим, и соответственно, формирование пляжей из крупнообломочного материала. При этом в вершинах бухт Севастопольской и Казацкой («ТЭЦ» и «Лягушка»), куда проникают лишь слабые морские волны,  $Md$  пляжевых наносов сокращается до 3.55 и 3.63 мм соответственно.

Коэффициент сортировки материала на этих пляжах изменяется от 1.64 до 2.70, уступая пляжам первого типа. Хуже всего отсортированный пляж находится в вершине бухты Казацкой – «Лягушка» ( $So$  на урезе = 2.70). При этом наносы галечного пляжа «Скалки» отсортированы очень хорошо ( $So = 1.26$ ), по-видимому, благо-

даря открытости и устойчивому ветро-волновому режиму. Окатанность обломочного материала на пляжах этого типа является наилучшей в приустьевой зоне, а с удалением вверх по профилю снижается. При этом у уреза воды степень окатанности между зернами наносов может значительно различаться.

Основываясь на проведенной типизации пляжей и анализе ведущих факторов, определяющих гранулометрические характеристики их наносов, наиболее перспективными в рекреационном отношении являются необорудованные пляжи первого типа в бухтах Севастопольской и Карантинной: «Константиновский», «Старо-Северный», «Северный» и у заповедника «Херсонес Таврический». Высокая рекреационная ценность этих пляжей обусловлена их песчаным грансоставом и значительной ролью биогенного материала (целых раковин *Bittium reticulatum*). Спокойный ветро-волновой режим определяет стабильность и устойчивость пляжей в условиях годового режима волнения, а лучшая сортированность или переработка материала морем свидетельствует о возможностях их естественно-го самоочищения.

Таким образом, полученные результаты характеризуют особенности грансостава наносов естественных пляжей в бухтах Севастополя, а проведенная на их основе типизация может быть использована в рекреационной деятельности для оценки рекреационных свойств и прогноза поведения обломочного материала при оборудовании новых пляжей.

#### Библиографический список

1. Шуйский Ю. Д. История развития и методология береговедения / отв. ред. Г. В. Выхованец ; Министерство образования и науки Украины, Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова. Одесса : Астропринт, 2018. 448 с.





2. Есин Н. В., Косьян Р. Д., Пешков Н. В. О причинах деградации песчаных пляжей черноморского побережья России // Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов : тез. докл. междунар. конф. (Новосибирск, 20–25 июля 2009 г.). Новосибирск : Изд-во Института водных и экологических проблем СО РАН, 2009. С. 34–41.
3. Горячкин Ю. Н., Марков А. А. Анализ эффективности реконструкции берегозащитных сооружений Крыма // Гидротехника. 2023. № 3. С. 2–9. [https://doi.org/10.55326/22278400\\_2023\\_3\\_2](https://doi.org/10.55326/22278400_2023_3_2), EDN: AJUSSH
4. ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) и микроагрегатного состава. М. : Стандартинформ, 2015. 22 с.
5. Шуйский Ю. Д., Выхованец Г. В., Муркалов А. Б., Гыжко Л. В. Практикум по береговедению : методическое пособие для студентов-физико-географов. 2-е изд., перераб. и доп. Одесса : Бахва, 2015. 104 с.
6. Межгосударственный стандарт ГОСТ 25100-2011 «Грунты. Классификация». URL: <http://base.garant.ru/70292406/> (дата обращения: 29.10.2020).
7. Зенкович В. П. Берега Черного и Азовского морей. М. : Географгиз, 1958. 371 с.
8. Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря : в 2 т. М. : Изд-во АН СССР, 1958. Т. 1. 187 с.
9. Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря : в 2 т. М. : Изд-во АН СССР, 1960. Т. 2. 216 с.
10. Булкин Г. А., Пономарь В. С. О минеральном составе и генезисе отложений современного пляжа Западного берега Крыма // Доклады АН СССР. 1959. Т. 127, № 6. С. 1265–1268.
11. Братусь О. С. Вещественный состав пляжей Крымского полуострова // Доклады АН СССР. 1965. Т. 165, № 2. С. 399–402.
12. Братусь О. С. О гранулометрическом составе песчаных пляжных отложений Крыма // Доклады АН СССР. 1965. Т. 163, № 2. С. 431–434.
13. Романюк О. С. Генезис крымских пляжей // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. Киев : Изд-во Киевского ун-та, 1967. Вып. 1. С. 178–182.
14. Романюк О. С. Пляжи Крыма, их генезис и перспективы практического использования : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Ростов н/Д, 1968. 23 с.
15. Шуйский Ю. Д. Процессы и скорости абразии на украинских берегах Черного и Азовского морей // Известия АН СССР. Серия география. 1974. № 6. С. 108–117.
16. Шуйский Ю. Д. Питание обломочным материалом северо-западного и крымского районов шельфа Черного моря // Исследование динамики рельефа морских побережий. М. : Наука, 1979. С. 89–97.
17. Шуйский Ю. Д. Современный баланс наносов в береговой зоне морей : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 1983. 41 с.
18. Шуйский Ю. Д. Проблемы исследования баланса наносов в береговой зоне морей. Л. : Гидрометеиздат, 1986. 240 с.
19. Агаркова-Лях И. В. Современное состояние береговой зоны Севастопольского региона и особенности ее антропогенного преобразования // Культура народов Причерноморья. 2007. № 118. С. 7–13.
20. Долотов В. В., Иванов В. А. Повышение рекреационного потенциала Украины: кадастровая оценка пляжей Крыма. Севастополь : МГИ НАНУ, 2007. 194 с.
21. Орлова М. С. Морские берега Крыма как ресурс рекреации (на примере берегов Западного Крыма) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 2010. 26 с.
22. Лазицкая Н. Ф. Общественно-географическое обоснование развития рекреационного водопользования в г. Севастополь : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Симферополь, 2014. 23 с. EDN: ZPPDIN
23. Игнатов Е. И., Орлова М. С., Санин А. Ю. Береговые морфосистемы Крыма. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. 266 с.
24. Современное состояние береговой зоны Крыма : атлас-монография / под ред. Ю. Н. Горячкина. Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2015. 252 с.
25. Удовик В. Ф., Харитонов Л. В., Горячкин Ю. Н. Мониторинг состояния городских пляжей Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2017. № 4. С. 86–94. EDN: YODZJX
26. Горячкин Ю. Н., Долотов В. В. Морские берега Крыма. Севастополь : ООО «Колорит», 2019. 256 с.
27. Агаркова-Лях И. В. Анализ гранулометрического состава пляжей Севастополя // Системы контроля окружающей среды-2019 : тезисы докладов Международной научно-технической конференции (Севастополь, 12–13 сентября 2019 г.). Севастополь : Институт природно-технических систем, 2019. С. 83. EDN: KEEQDX
28. Шуйський Ю. Д. Типи берегів Світового океану. Одеса : Астропринт, 2000. 480 с.
29. Погода в Севастополе по месяцам в 2018 году. URL: <https://world-weather.ru/pogoda/russia/sevastopol/2018/> (дата обращения: 04.04.2024).

Поступила в редакцию 01.02.2025; одобрена после рецензирования 04.03.2025;  
принята к публикации 06.03.2025; опубликована 30.06.2025

The article was submitted 01.02.2025; approved after reviewing 04.03.2025;  
accepted for publication 06.03.2025; published 30.06.2025