

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 551.435 + 551.49 (252.5)

### ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФРАКЦИЙ НАНОСОВ НА ПЛЯЖАХ СЕВЕРНОГО БЕРЕГА КАРКИНИТСКОГО ЗАЛИВА, ЧЕРНОЕ МОРЕ

**Шуйский Юрий Дмитриевич,**

*профессор, доктор географических наук, зав. кафедрой*

**Выхованец Галина Владимировна,**

*профессор, доктор географических наук,*

**Панкратенкова Дарья Олеговна,**

*аспирант,*

**Тимченко Анна Игоревна,**

*студент-магистрант*

*Кафедра физической географии и природопользования,*

*Одесский национальный университет им.И.И. Мечникова,*

*ул. Дворянская, 2, Одесса-82, 65082, Украина*

### PECULIARITIES OF FRACTION COMPOSITION DISTRIBUTION OF BEACH SEDIMENT ALONG NORTHERN SHORES OF THE KARKINIT BAY, THE BLACK SEA

**Yu.D. Shuisky,**

*Professor, DrSci Degree, head of Geography Dept.,*

**G.V. Vykhovanets,**

*Professor, DrSci Degree,*

**D.O. Pankratenkova,**

*Post Graduate Student,*

**A.I. Timchenko,**

*Student*

*Physical Geography Dept.,*

*National Mechnikov's University of Odessa,*

*2, Dvoryanskaya St., Odessa-82, 65082, Ukraine*

#### АННОТАЦИЯ.

В сентябре 2016 г. были исследованы песчаные пляжи на северном берегу Каркинитского залива, самого обширного на Черном море. Для лабораторного анализа было отобрано около 180 образцов пляжевых наносов на трех узловых участках берега. Прежде всего, были проанализированы условия, которые влияют на формирование состава наносов. Затем были выявлены закономерности формирования фракционного состава наносов вдоль берега. Установить особенности распределения наносов у корня кос. Определены изменения фракционного состава наносов в течение послед-

них десятилетий (период 1986-2016 гг.). Рассмотрен и оценен общий состав пляжевых наносов за последние годы.

**Ключевые слова:** Черное море, Каркинитский залив, берег, пляж, наносы, фракционный состав, закономерности распределения.

### **ABSTRACT.**

In September 2016 sandy beaches were researched along northern shores of Karkinite Bay that is vastest within the Black Sea. For the laboratory analyzes  $\approx 180$  samples were took within 3 basic sites of the shores. First of all coastal environment were worked out. And this conditions impact on fraction compositions on all of sites. Peculiarities of sediment distribution were fixed along the spit roots. Changing of fraction sediment composition were fixed also during last decades (1986-2016). During last years general composition of beach sediment was examined and appraised.

**Key words:** Black Sea, Karkinite Gulf, coast, beach, sediment, fraction's composition, distribution's peculiarities.

**Введение.** Северный берег Каркинитского залива на Черном море распространяется на сотни км длины. В его составе сложились крупнейшие косы побережья, Тендровская и Джарылгач. Косы существуют многие тысячи лет, и за это время состав наносов сложился настолько, что стал типичным, наиболее характерным для береговой зоны такого моря, как Черное. Учитывая это, на 19 отрезках берега (на трех узловых участках) названных кос были отобраны пробы пляжевых наносов: в районах дистрали и корня Джарылгача и корня Тендры (рис. 1). Они были просеяны на ротате на стандартные десятичные фракции (всего 10), а затем обработаны методами математической статистики. Этот материал нужен для выяснения общего состояния изученного берега, а особенно — уникальных кос. Знание состава пляжевых наносов позволяет оценить природное состояние береговой зоны и тренды ее перестройки, причины отступления сопряженных клифов, динамику пляжей, особенно — прислоненного типа, выявить процессы формирования вдольберегового потока наносов.

Материал для работы был получен авторами во время полевого маршрутного обследования северных берегов Каркинитского залива, самого большого на Черном море, в пределах классических песчаных кос на побережье в 1987 для сравнения в 2017 г. Это позволило сравнить данные и выявить основные тенденции изменения фракционного состава пляжевых наносов.



Рис. 1. Схема географического положения изученных участков берега в пределах «крылатого мыса» кос Тендровская и Джарылгач. Участки показаны ▲: 1 — восточный, дисталь Джарылгачской косы, рис. 4; 2 — средний, корень Джарылгачской косы, рис. 5; 3 — западный, корень Тендровской косы, рис. 6.

**Объектом исследования** явились береговые пляжи на северном берегу Каркинитского залива, классического типа «крылатого мыса» («winged foreland»)/ **Предметом исследования** стали закономерности распределения вдоль берега в течение 40 лет значений фракционного состава пляжевых наносов на разных участках вдольберегового потока наносов вдоль крупнейших береговых кос Черного моря. Как видим, **целью данной работы** выступает выявление закономерностей распределения фракционного состава пляжевых наносов на северных берегах Каркинитского залива Черного моря.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд **принципиально важных задач**. К ним относятся: а) оценить условия, которые влияют на формирование состава наносов; б) выявить закономерности формирования состава наносов вдоль дисталей кос; в) установить особенности распределения наносов у корня кос; г) определить изменения состава наносов в течение последних десятилетий; д) рассмотреть общий состав наносов за последние годы.

**Краткая история исследований.** Данная тема исследуется кафедрой физической географии и природопользования Одесского государственного (сегодня — национального) университета с 1962 г., когда под руководством Г.Н. Аксентьева были заложены первые стационарные участки на дистальных оконечностях и на корневых частях Тендровской и Джарылгачской кос, в пунктах Железный Порт, Большевик, Круглоозерка, Лазурное. С 1972 г. береговыми работами руководит Ю.Д. Шуйский и др. [8]. До 1976 г. были получены данные о линейных и объемных размерах надводной и подводной частей пляжа, о их динамике и механическом составе [6,

7]. Эта информация была использована в составлении Генеральной Схемы противооползневых и берегозащитных работ на побережье Украины. В середине 70-х годов был изучен минералогический состав пляжевых наносов для оценки их рудоносности в россыпных очагах, но промышленных перспектив обнаружено не было. С 1978 до 1993 гг. весь берег «крылатого мыса» был обследован методами береговых нивелировок, прибрежно-морских галсов и ландшафтной съемки. Был получен огромный массив информации о механическом составе пляжей и подводного склона.

В 80-х годах береговые исследования «крылатого мыса» дали обширный материал для формирования структуры береговой оздоровительной зоны Голопристанского и Скадовского районов Херсонской области. Они использовались также и для берегозащитных мероприятий, особенно в Железном Порту. До 2004 г. полевые работы были связаны с контролем за эффективностью берегозащитных сооружений. Последние 15 лет полевые инструментальные наблюдения ведутся только на узловых участках берега для выявления многолетних закономерностей строения и динамики размеров пляжей (высота, длина, уклон, форма профиля, количество наносов). При этом важное значение придается влиянию современных изменений климата и водного баланса Черного моря на состояние пляжей.

Осенью 2016 г. на трех узловых участках были выполнены нивелировки пляжей, отобраны средние по ширине и длине пляжевых участков образцы наносов. Затем была выполнена их камеральная обработка.

#### **Материалы исследований и их анализ.**

*Основные условия зарождения и развития пляжей.* В отличие от других береговых районов и областей на побережье Черного моря, вдоль данного «крылатого мыса» основным источником наносов является донный материал. Поэтому надо ожидать сложный фракционный состав, в котором проявляется двух- и трехвершинные кривые распределения. Около 35% повторяемости характеризуются волнения от южного сектора горизонта, в основном от юго-восточных румбов. Максимальные штормовые волны характеризуются высотой до 3,5-4,0 м на глубине 15 м. Уклоны подводного склона, особенно напротив «лбища» мыса, составляют 0,009-0,012 (максимум 0,020), относительно немного. Поэтому к берегу волны приходят сильно разрушенными, неспособными перемещать крупные частицы наносов ( $\geq 1,0$  мм). Зато активизируется нагонное повышение уровня в условиях широкого отмелого подводного склона, а основным фактором переноса становятся волновые течения, преимущественно энергетические.

Гидрогенный фактор приводит к значительным вертикальным и горизонтальным деформациям размеров пляжей. Если кривые поперечного профиля пляжа множества съемок нанести на один и тот же график, то получим совокупность кривых (рис. 2 а). Они показывают р а з м а х деформаций. Если крайние верхние и нижние точки такого размаха оконтурить сверху и снизу, то получим п о л е д е ф о р м а ц и ю, определяемое в течение многолетнего периода (рис. 2 б). В 1965 г. такое поле было названо

Ю.Д. Шуйским «слоем волновой переработки» СВП. Его главной характеристикой была обозначена мощность — вертикальное расстояние  $H_w$ . Выделяются значения средние, максимальные и минимальные, которые охватывают влияние всех условий.

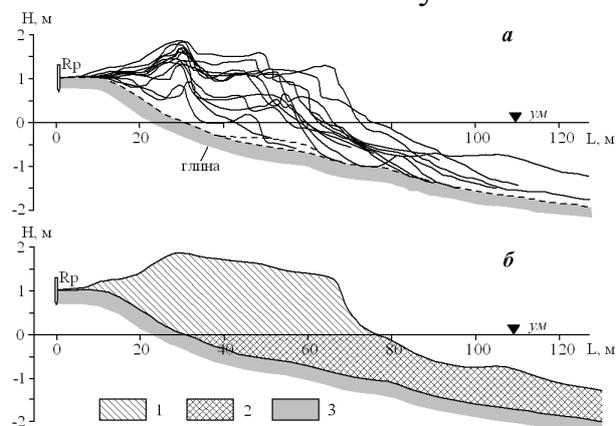


Рис. 2. Форма слоя волновой переработки на поперечном профиле пляжа стационарного участка «Потиево», корневая часть песчаной Тендровской косы, по данным 37 наложенных сезонных профилей за период 10 лет; а — кривые по данным нивелирования; б — поле кривых, что

образующее слой волновой переработки. Удельный объем наносов  $167,34 \text{ м}^3/\text{м}$  на профиле (надводный пляж =  $77,98 \text{ м}^3/\text{м}$ , подводный пляж =  $89,36 \text{ м}^3/\text{м}$ ). 1 — надводная часть СВП; 2 — подводная часть СВП; 3 — подстилающая глинистая порода верхнего неогена.

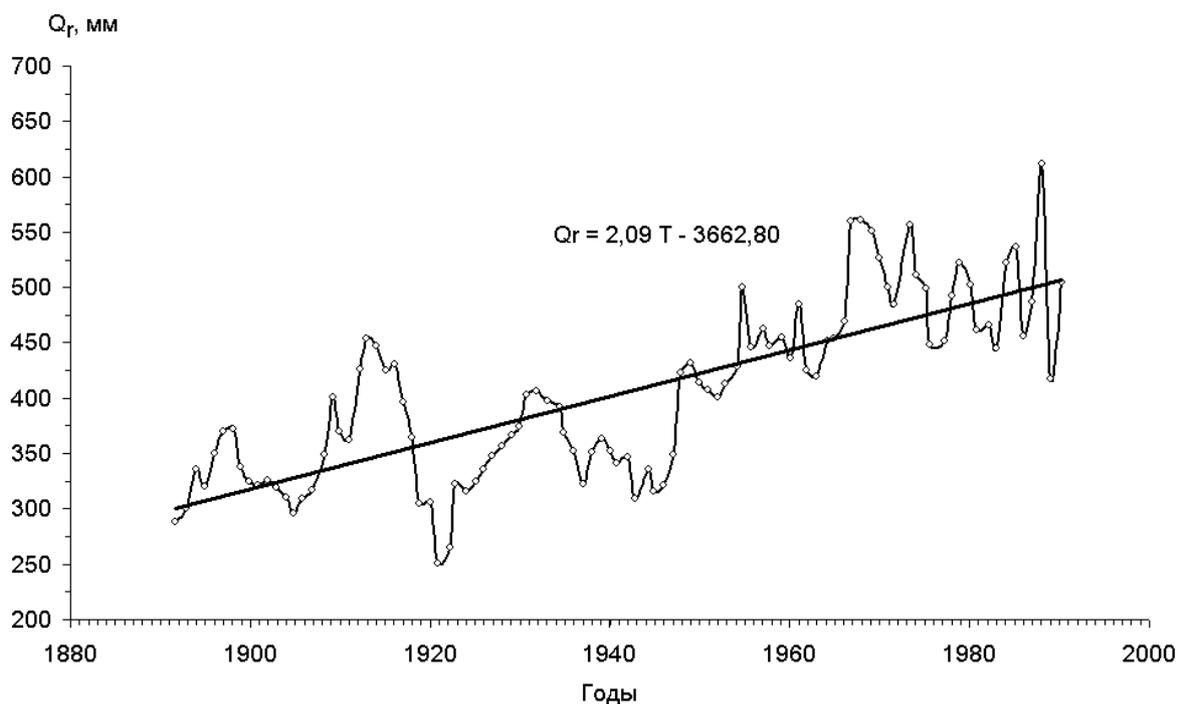
Они показывают строение природной среды дифференциации исходного осадочного материала и превращение его в наносы прибрежно-морского происхождения. В данной среде развивается распределение наносов по поперечному профилю, вдоль изобат и береговой линии, на протяжении от участков зарождения до участка разгрузки. В ней происходит концентрация тяжелых рудных минералов. Величина СВП в целом рассматривается как третье измерение вдольберегового потока наносов, наряду с длиной и шириной под влиянием совокупности гидрогенных факторов.

СВП распространяется и на подводном склоне до глубин, где еще ветровые волны действуют эффективно и способны заметно влиять на перемещение наносов. Форма СВП и величины  $H_w$  имеют важное практическое значение: для расчетов мощности потоков наносов, для заглубления построек, для оценок устойчивости свай и берегозащитных сооружений и проч. Размах и поле деформаций пляжа показывают хорошую сортировку наносов.

В итоге создаются условия для появления высоких пляжей, значительных вертикальных деформаций слоя пляжевых наносов, для переплескивания пляжей и абразии низкого клифа. Разрушение клифа дает дополнительное количество терригенных наносов к тем, которые поступают с подводного склона. С подводного склона на берег выбрасывается значительное количество ракуши и раковинного детрита (до  $5\text{-}6 \text{ кг}/\text{м}^2$ ), поэтому высокой является карбонатность наносов (до  $30\text{-}60\%$  на разных

участках). Весь пляжеобразующий (крупнее 0,1 мм) материал мобилизуется во вдольбереговой перенос и образует вдольбереговой поток наносов. Он зарождается вдоль утолщения Джарылгача, распространяется на запад и разгружается у оголовка Тендровской косы, в соответствии с применением нескольких методов: гидрометеорологического, морфодинамического, литодинамического, петрографо-минералогических индикаторов, заполнения входящих углов.

Важной природной чертой береговой системы «крылатого мыса» является влияние современных изменений климата. В данном случае влияние сказывается через изменения баланса воды в море, которое приводит к росту среднего уровня, также через рост количества атмосферных осадков, количества пресной воды втекающей в море, рост облачности, изменения направлений действия ветра на господствующие южные-юго-восточные [4]. При этом подчеркиваем увеличение повторяемости южных ветров и волнений, которые постепенно усиливают гидрогенную переработку береговых кос. В течение последних 100 лет ординар поднялся в общем на 25 см, при привело к тренду 2,5 мм/год (рис. 3). Это хоть и в незначительной мере, но все же должно было усилить волновую переработку пляжей и повлиять на процессы фильтрации воды, на формирование грунтовых вод и увлажнение толщи пляжевого песка.



*Рис. 3. График изменения средних годовых значений уровня воды в Черном море по данным восстановления на в/п «Тендровский маяк», где проводились наблюдения с перерывами. За основу для восстановления полного ряда за 100 лет взяты ряды наблюдений на гидрометеорологических станциях «Одесса-порт» и «Очаков» (восстановлено Д.Я. Бертманом и Н.Д. Штефаном).*

Поступление наносов на пляжи. Расчеты показали [6, 7], что из клифов в море сносится 15,7% всего терригенного осадочного материала, а с бенчей — 84,3%. Он образуется в результате волновой переработке глин и суглинков дельтово-дельювиального происхождения плейстоценового возраста. Одновременно с терригенным на берег поступает в среднем 17,6% биогенного ракушечного материала, или в среднем примерно 20 тыс.м<sup>3</sup>/год за последние 20-25 лет. Хотя В.П. Зенкович [3] считал, что раковинный детрит составлял до 35% от массы наносов в середине XX века.

Поступление ракуши на пляжи данного крылатого мыса бывает после каждого шторма, 5-8 раз в году в течение многолетнего периода. Значит, что процесс поступления является прерывистым, как и приход терригенного материала. Обычно после особенно сильных штормов около 50% всей длины берега покрывается узкой полосой (в среднем ширина 3 м) водорослей, которая может образовать фитогенный вал. До 30-50% площади пляжей покрывается слоем раковин моллюсков, чаще всего мидий, миа, кардиума, устриц. Толщина слоя отмерших раковин может достигать 0,4-0,5 м, а в среднем около 10 см. Целая и битая ракуша дает основную часть гравийных и галечных фракций [3, 7]. При волновом дроблении и окатывании образуется карбонатный песок.

Весь наносной материал вовлекается во вдольбереговую поток наносов [9]. При перемещении он перемешивается и подвергается дифференциации по гидравлической крупности. В зоне расположения пляжей по всей длине берега средняя концентрация  $CaCO_3$  оказалась равной 17%, хотя на ряде участков она может превышать 40%. Одновременно становится больше значение медианного диаметра, до 0,53 мм, а коэффициент сортировки может достигать 5.

Фракционный состав наносов. Вдоль всей длины кос Джарылгач и Тендра и разделяющего их абразионного участка («лбища крылатого мыса») находится пляж. Он сложен терригенными песчаными наносами (кварц, полевые шпаты, небольшой процент тяжелых минералов) с примесью карбонатного материала. Общий состав наносов находится в соответствии с условиями пляжевой седиментации и характером питающего осадочного материала [1, 7]. Больше всего мелких терригенных частиц приходит к берегу в центральной части района Тендра-Джарылгач, а биогенных — с флангов.

В этой связи становится понятным, почему в точках опробования вдоль дистали косы Джарылгач (рис. 4), где на берег выбрасывается множество ракуши, в составе пляжей залегает всего от 1,4% до 4,0% фракций  $\geq 2$  мм (в сумме 15% в 5 фракциях). Содержание фракции  $\geq 10$  мм равно в среднем 3,97% (от 0,9 до 7,9%), а 5-10 мм — 6,2%, которые представлены раковинным детритом. В то же время обнаруживается 1,7% мелкозема ( $\leq 0,1$  мм), что указывает на очень глубокую дифференциацию и волновую переработку наносов. Ракуша должна сильно дробиться и истираться, превращаясь в песок и пелит, согласно исследованиям [2, 3]. Таким образом,

на участке рис. 4 осадочный материал испытывает укрупнение малых фракций и одновременно понижение крупности у крупных фракций. Как результат — обособливаются фракции 0,1-1,0 мм, а ведущей фракцией становится  $C_{0,25-0,5} = 74,6\%$

Как известно [6-9], вдоль кос вдольбереговой поток наносов распространяется к западу, от дистальной оконечности Джарылгача к его корню: это главная особенность современной динамики данной формы. Сильная волновая переработка привела к повышенным скоростям выноса взвешенных частиц с пляжей в открытое море, — на это явление накладывается активное перемещение в волновых подвижках всей массы наносов. Поэтому на участке «Лазурное» (рис. 5) резко уменьшается количество пяти самых крупных фракций ( $\geq 2$  мм), в среднем менее 1,5%. Это на порядок величины

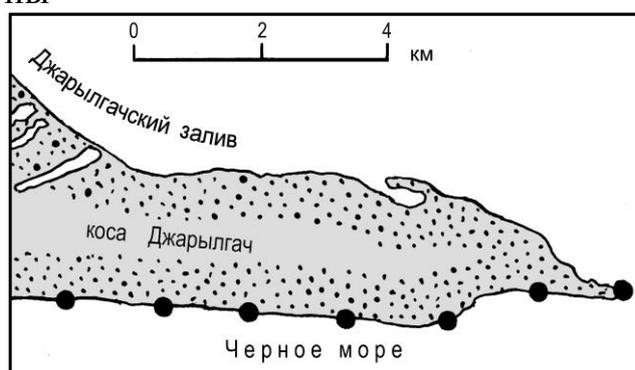


Рис. 4. Профили отбора образцов наносов на пляжах (черные кружки) на дистальной восточной оконечности Джарылгачской косы (восточный треугольник на рис. 1). Точки — песчаный берег.

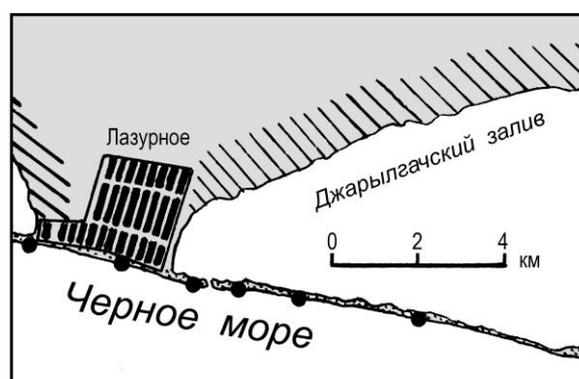


Рис. 5. Профили отбора образцов наносов на пляжах (черные кружки) в корневой части Джарылгачской косы (средний треугольник на рис. 1). Штриховка — коренной глинистый очень низкий берег, точки — песчаный берег.

меньше, чем в районе дистали Джарылгача. Но количество мелкозема  $\leq 0,1$  мм практически не меняется (4,6%). Получается, что интенсивное окатывание (потери массы 12% в год) ракуши хоть и поставляет мелкозем на пути от дистали к корню Джарылгача, но на этом же пути происходит его интенсивный вынос за пределы береговой зоны, и в т.ч. пляжа. Важная закономерность — с движением наносов в западном направлении значительно снижается содержание крупных фракций при относительно неизменном количестве мелкозема.

Несмотря на такие изменения, ведущая фракция остается той же, 0,25-0,5 мм, как и на дистали. Но содержание ее существенно больше, почти на 10%, и равно 85,2%. Мало того, намного больше и смежная фракция 0,1-0,25 мм, если вдоль дистали она достигала в среднем 3,9%, то вдоль корня Джарылгача — 9,52%, т.е. почти в 2,5 раза больше. Вот почему вдоль мор-

ского края косы Джарылгач в среде СВП развивается общее понижение фракционных характеристик пляжевых наносов.

Следующий участок вдоль северного берега Каркинитского залива располагается возле пос. Железный Порт, у корневой части Тендровской косы (рис. 6). Там было опробовано 6 поперечных профилей, от глубины – 1,1 м в море до точки сочленения с коренным глинистым берегом на отметке +1,1 м выше уровня моря. Между пгт Лазурное и пос. Железный Порт происходит сильный размыв глинистых пород и вовлечение в перенос большой массы алеврито-пелитовых фракций, в среднем 6-7 тыс. м<sup>3</sup>/год за последние 2-3 десятилетия. Поэтому надо ожидать по-прежнему низкого содержания крупных фракций ( $\geq 1,0$  мм). В сумме их концентрация составляет 9,17%, это больше, чем в Лазурном, но меньше, чем у дистали Джарылгача. Естественно, что высоким является содержание алеврито-пелитовых фракций (8,5%) и почти то же, что и у дистали содержание ведущей фракции — в среднем  $C_{0,25-0,5} = 74,7\%$ . Однако, на разных профилях средние значения сильно различаются, поскольку они составляют от 49,1% до 98,3%. Относительно высокой оказалась концентрация смежной фракции 0,1-0,25 мм. Она хоть и больше (10,4%), чем у Лазурного, но не намного, всего на 0,88%.

Ведущая фракция пляжевых наносов. На протяжении длительного времени формируется оптимальный состав наносов, с характерным распределением отдельных фракций. Одних фракций больше, других меньше. Как видим, вдоль северного берега Каркинитского залива в процессе волновой переработки и дифференциации исходного осадочного материала в седиментационной среде СВП всегда может обособливаться одна, бывает – две,

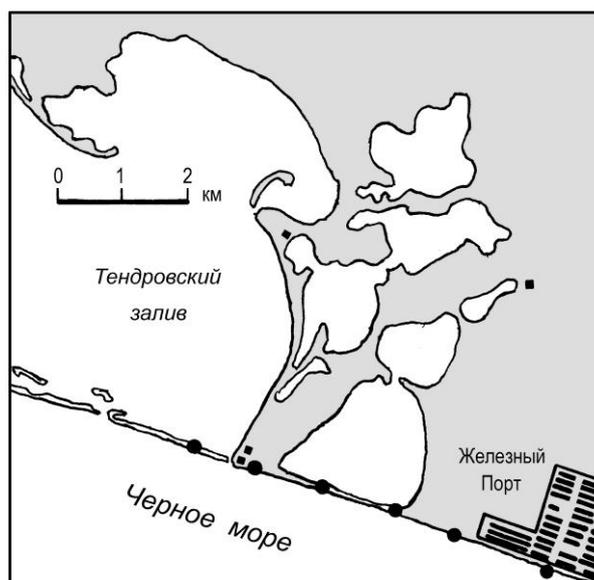


Рис. 6. Профили отбора образцов наносов на пляжах (черные кружки) в корневой части Тендровской косы (западный треугольник на рис. 1). Точки — песчаный берег.

фракции, которые в максимальной мере соответствуют влиянию окружающих физико-географических условий. Их значение, как ординарное в отдельности, так и среднее из некоторого множества, может быть больше 50% или меньше 50%. Но оно всегда больше содержания каждого из всех остальных фракций в любой точке, на любом поперечном или продольном профиле, на каждом участке или в районе береговой зоны. Эта фракция является ведущей и обозначается  $C_0$  или тем же знаком, но со значением фракции, например  $C_{0,5-1,0}$ .

Такие фракции были названы для каждого из трех исследованных участков (рис. 4-6). Соответственно, и для всего исследованного района «крылатого мыса» ведущей является фракция 0,25-0,5 мм, а ее содержание составляет 75,8%. Это очень близко к значению на участке дистали Джарылгача ( $C_0 = 74,6\%$ ) и у корня Тендровской косы ( $C_0 = 74,7\%$ ). Промежуточным значением (7,6%) характеризуется смежная фракция 0,1-0,25 мм. Вместе с тем, среднее значение ведущей фракции вдоль корня косы Джарылгач существенно превышает полученные на двух остальных участках. Оно равно 85,2%, а получено на основании измерений вдоль всей узкой части косы, где пляжи содержат минимальное количество ракушечного материала. Четко прослеживается закономерность: в общем случае, чем меньше содержание крупных фракций ( $\geq 2$  мм), тем выше значения  $C_0$ . Как было показано на других примерах, для состава, который соответствует окружающим прибрежно-морским условиям, важно присутствие ракушечного материала. Ракуша, с ее повышенной подвижностью, быстрым дроблением и быстрым истиранием, способствует столь же быстрому измельчению раковинного детрита и пополнению песчаных фракций.

Если на двух участках береговой зоны исходный осадочный материал подобен (как вдоль берега данного «крылатого мыса»), то его дифференциация в условиях пляжа зависит прежде всего от энергетического потенциала береговой зоны. Если при подобии источников питания энергетический потенциал подобен на разных участках (как вдоль берега данного «крылатого мыса»), то следующий этап дифференциации зависит от уклонов подводного склона. В исследованной береговой зоне уклоны различны: вдоль «лбища» они значительно меньше, поэтому здесь наименьшие по размеру наносы. С увеличением уклонов подводного склона на пляже могут концентрироваться наносы все бóльшей крупности. Например, к Кавказским берегам, перед участками с уклонами подводного склона 0,03-0,05 до глубины 20 м, могут подходить волны, высотой до 6-7 м, а берег сложен галечными наносами со средними  $C_0 \leq 5-10$  мм. Если же в море поступают крупные обломки скальной породы, а уклоны подводного склона превышают 0,03-0,05, то в условиях сурового гидродинамического режима (скажем, в циклонических областях открытого океана) могут образоваться уникальные валунные пляжи (рис. 7).

Такие пляжи были встречены, к примеру, вдоль океанических берегов Британской Колумбии, штата Вашингтон, п-ова Камчатка, берега Бискай-

ского залива. Типичные валунные пляжи можно встретить вдоль внешних берегов Курильской Островной Гряды, как можно видеть на фото рис. 7. Во время активизации сильной циклонической циркуляции здесь развивается сильнейшее волнение из открытого океана с высотой волны до 25 м, а в среднем 7 м, по Г.Б. Бигелу и В.Т. Эдмондсону. Активная абразия и землетрясения поставляют крупные обломки изверженных пород в береговую зону. На участке рис. 7 уклон подводного склона до глубины 20 м составляет  $i_{20} = 0,0531$ . Этого вполне достаточно для развития такого прибойного потока, который быстро окатывает валуны до 0,5 м в диаметре, и даже больше.



*Рис. 7. Типичный валунный пляж вдоль приглубого берега ( $i_{20} \approx 0,0531$ ) острова Уруп, Курильский архипелаг, Тихий океан (фото Ю.Д. Шуйского).*

Изменение фракционного состава за последние десятилетия. В среде седиментации во вдольбереговом потоке наносов фракционный состав пляжевых наносов быстро меняется от участка к участку. Причем, как было показано, изменения существенны, а закономерности сложные. Однако, до настоящего времени было мало что известно об изменениях состава во времени. В течение 80-х годов XX века на северном берегу Каркинитского залива был выполнен большой объем натурального опробования и лабораторного определения фракционного состава.

Поэтому появилась возможность получить данные об изменении состава во времени. Были использованы данные опробования 1986 г. и 2016 г., т.е. в течение  $\approx 30$  лет на одних и тех же профилях. В 1986 г. был большой приток крупных фракций, битой и целой ракуши. Крупных фракций  $\geq 2$  мм было в среднем в сумме 23,7%, т.е. почти четверть массы наносов (рис. 8). Это больше, чем сегодня на каждом из трех основополагающих

участков берега Каркинитского залива, в среднем в пределах «крылатого мыса» Тендра-Джарылгач. Это связано в основном с усилением загрязнения морских вод и снижением биопродуктивности и биомассы пляжеобразующих организмов. Большая масса ракуши и раковинного детрита 30 лет назад способствовала большому количеству мелкозема от истирания и окатывания ракушечных частиц. Поэтому содержание мелкозема, алевритопелитовых фракций было повышенным, поскольку достигало в среднем 10,4%. Напомним, что сегодня мелкозема в составе наносов меньше в 2,2 раза, т.е. равно 4,5% (рис. 8, Б).

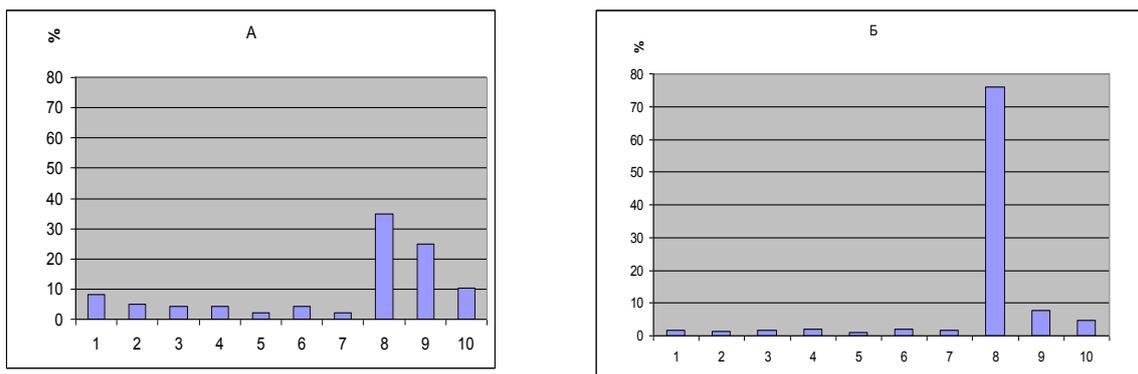


Рис. 8. Гистограммы фракционного состава пляжевых наносов вдоль северного берега Каркинитского залива, Черное море (%): А — в 1986 г.; Б — в 2016 г. Фракции (горизонтальная ось), мм: 1 —  $\geq 10$ ; 2 — 10-7; 3 — 7-5; 4 — 5-3; 5 — 3-2; 6 — 2-1; 7 — 1,0-0,5; 8 — 0,5-0,25; 9 — 0,25-0,1; 10 —  $\leq 0,1$ .

Произошедшие изменения должны были заметно повлиять на содержание ведущей фракции в течение обоих сроков пробоотбора. Действительно, 30-40 лет назад действовала замедленная выработка песчаных фракций, доминировали ветры от северной половины горизонта. К тому же много песка сдувалось в море в сферу влияния вдольберегового потока [1, 4]. Лабораторная обработка образцов пляжевых наносов показала, что и тогда ведущей фракцией была среднезернистая песчаная, и  $C_0 = 34,7\%$ . И смежная с ведущей фракцией (0,25-0,1 мм) закономерно характеризовалась повышенным содержанием, равным 24,9% (рис. 8 А). Это значение в 3,2 раза больше, чем спустя 30 лет в 2016 г. (7,6%) в этом же районе морского берега и на тех же профилях.

Вероятнее всего, такие черты фракционного состава пляжевых наносов сохранятся в ближайшие 10-20 лет. Теснейшая зависимость состава от всего природного комплекса береговой зоны может быть реальным подтверждением действия закона окружающего влияния Шуйского: состав наносов определяется совокупностью окружающих физико-географических условий. Изменение состава происходит вместе с измене-

ниями этих условий, определяемым режимом движения потоков вещества и энергии в географических фациальных условиях береговой зоны моря.

**Выводы.** Полученные данные и их обсуждение позволили сделать следующие основные выводы.

1. Вдоль северного берега Каркинитского залива (Черное море) распространены широкие пляжи двух типов: прислоненные и полновго профиля. Они питаются процессами донной абразии глинистых пород и выбросами ракуши с подводного склона.

2. Исходный осадочный материал вовлекается во вдольбереговой поток наносов и подвергает дифференциации. В итоге около 80% наносов представлено терригенными частицами, а в среднем около 20% карбонатными органогенными. Сегодня крупные частицы ( $\geq 2$  мм) составляют до 20-25%, а алеврито-пелитовые в общем  $< 10\%$ .

3. Для структуры фракционного состава пляжевых наносов характерным является пониженное количество гравийно-галечных (8%) и алеврито-пелитовых (4,6%) фракций. Более крупные представлены в основном карбонатными обломками ракушечного материала, а более мелкие фракции представлены в основном терригенными частицами. Одновременно повышено содержания песков (85,2%). При этом ведущей является песчаная фракция 0,5-0,25 мм. Ее содержание равно в среднем 75,8%, а на разных участках «крылатого мыса» — от 59,6 до 85,2%.

4. На протяжении последних 30-40 лет фракционный состав пляжевых наносов существенно изменился. За эти годы сумма крупных фракций ( $\geq 2$  мм) понизилась с 23,7% до 7,93%, алеврито-пелитового мелкозема с 10,4% до 4,6%. В то же время ведущей осталась фракция среднезернистого песка, но она значительно выросла до  $C_0 = 75,8\%$ , а смежная фракция 0,1-0,25 мм уменьшилась на порядок: с 24,9% до 7,6%. Это указывает на то, что вместе с рельефом быстро перестраивается и состав наносов, что имеет важное практическое значение.

5. Вместе с фракционным составом меняются также и статистические показатели пляжевых наносов в северной части Каркинитского залива. Были рассчитаны средние значения  $Md$ ,  $S_0$ ,  $S_k$  и  $C_0$ . В течение 70-80-х годов XX столетия были значения:  $Md = 0,82$  мм;  $S_0 = 3,94$ ;  $S_k = 0,8$ ;  $C_0 = 34,7\%$ ;  $CaCO_3 = 31,1\%$ . Спустя 30-40 лет данные показатели заметно изменились. Так, средние значения в 2016 г. были:  $Md = 0,38$ ;  $S_0 = 1,3$ ;  $S_k = 0,6$ ;  $C_0 = 75,8\%$ ;  $CaCO_3 = 17,3\%$ . Следовательно, значительные изменения состава наносов отражаются не только по средним, но и по статистически значимым величинам. Это подчеркивает реальность природного процесса развития пляжей на берегах Черного моря.

#### **Список использованной литературы**

1. Выхованец Г.В. Эоловый процесс на морском берегу. – Одесса: Астропринт, 2003. – 380 с.

2. Выхованец Г.В., Гыжко Л.В. Природные комплексы классического лиманного типа морского побережья // Вісник Одеського національного

університету. Географічні та геологічні науки. – 2016. – Том 21. – Вип. 1 (28). – С. 9 – 22.

3. Зенкович В.П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря: Том 2. – Москва: Изд-во АН СССР, 1960. – 216 с.

4. Ильин Ю.П., Репетин Л.Н., Белокопытов В.Н. и др. Гидрометеорологические условия морей Украины / Том 2: Черное море. – Севастополь: ЭкоСи, 2012. – 421 с.

5. Шуйский Ю.Д. Особенности природных комплексов в береговой зоне морей // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. – 2015. – Том 20. – Вип. 1 (24). – С. 97 – 113.

6. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Котовский И.Н. Влияние сильных штормов на берег Черного моря в районе озера Устричное / Краєзнавство і туризм: освіта, виховання, стиль життя. Гол. ред. С.В.Міхелі.- Київ: Реформа, 1998. – С. 245 – 247.

7. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Борисевич Т.Д. Современная динамика абразионных и аккумулятивных форм береговой системы «Тендра—Джарылгач» на побережье Черного моря // Фальцфейнівські читання: Зб. наук. праць. – Т. II. – Відп. ред. С.В.Шмалей. – Херсон: Вид-во ХДПУ, 2005а. – С. 270 – 278.

8. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Елисеева Е.В. и др. Развитие береговедения в Одесском национальном (государственном) университете им. И.И. Мечникова // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. – 2005б. – Т. 10. – Вип. 6. – С. 146 – 159.

9. Vykhovanets, G.V. Sandy accumulative forms within the Black Sea coastal zone // Coastline of the Black Sea / Kosyan, R.D. & Magoon, O.T., eds. – New-York: American Society Civil Engineers, 1993. – P. 452 – 466.