

ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФЛОТАЦИИ ПЛЯЖЕВЫХ НАНОСОВ (НА ПРИМЕРЕ о. САХАЛИН)

© 2020 г. А. О. Горбунов*

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

**E-mail: briiz@yandex.ru*

Поступила в редакцию 24.03.2020 г.

После доработки 14.04.2020 г.

Принята к публикации 18.04.2020 г.

В статье приведены сведения об одном из процессов литодинамики береговой зоны — флотации. О флотации известно достаточно давно, первые сведения о ней в печати появились в конце XIX в., но зачастую имели характер небольших научно-популярных заметок об увиденном явлении. В 1930-е гг. В.П. Зенковичем поставлен вопрос о важности этого процесса в литодинамике береговой зоны. Однако, детальных работ о флотации: ее причинах, особенностях проявления, характере наносов, было достаточно мало вплоть до конца XX в., — лишь в зарубежных работах есть несколько результатов на основе детального подхода к изучению этого процесса. Но и после них описательная часть этого процесса далека от полной. В настоящей работе дана литологическая характеристика и описание гидрологических условий проявления флотации у берега мыса Муловского о. Сахалин. Показаны и сравнены размерные характеристики флотированных и пляжевых наносов: коэффициенты уплощенности и сферичности обломков, эксцесс и асимметрия распределения, степень окатанности обломков. Флотированные обломки более уплощенные и менее сферичные по сравнению с пляжевыми, а степень их окатанности незначительно лучше, чем у пляжевых.

Ключевые слова: флотация, пляж, бенч, о. Сахалин, Охотское море, коэффициент уплощенности, коэффициент сферичности, эксцесс, асимметрия, прилив

DOI: 10.31857/S0869607120020020

ВВЕДЕНИЕ

Морфологические характеристики обломочных частиц, зерен и обломков горных пород считают важными для понимания генезиса наносов и отложений, и без их изучения не обходятся при решении задач литодинамики. Отмечено, что размеры частиц, их форма и удельный вес играют важную роль при идентификации происхождения наносов; не исключения и наносы, которые формируются в волновом поле [2, 5–8, 14, 23].

В настоящей работе рассмотрены размерно-весовые (фракционный состав) и морфологические характеристики (окатанность, сферичность, уплощенность) одного из видов прибрежно-морских наносов, который довольно слабо описан в отечественной литературе: флотированные наносы. Проанализированы также гидрологические условия, способствующие флотации. Флотация обломков на взморье отмечена нами 27 августа 2018 г. в районе м. Муловского. Мыс расположен в юго-восточной части о. Сахалин, в пределах выровненного берега, омываемого Охотским морем (рис. 1). Визуально зерна и обломки горных пород далее, чем 2–3 м от берега, не отплывали, а лишь вдоль берега перемещались в северном направлении. Длина участка флотации соста-

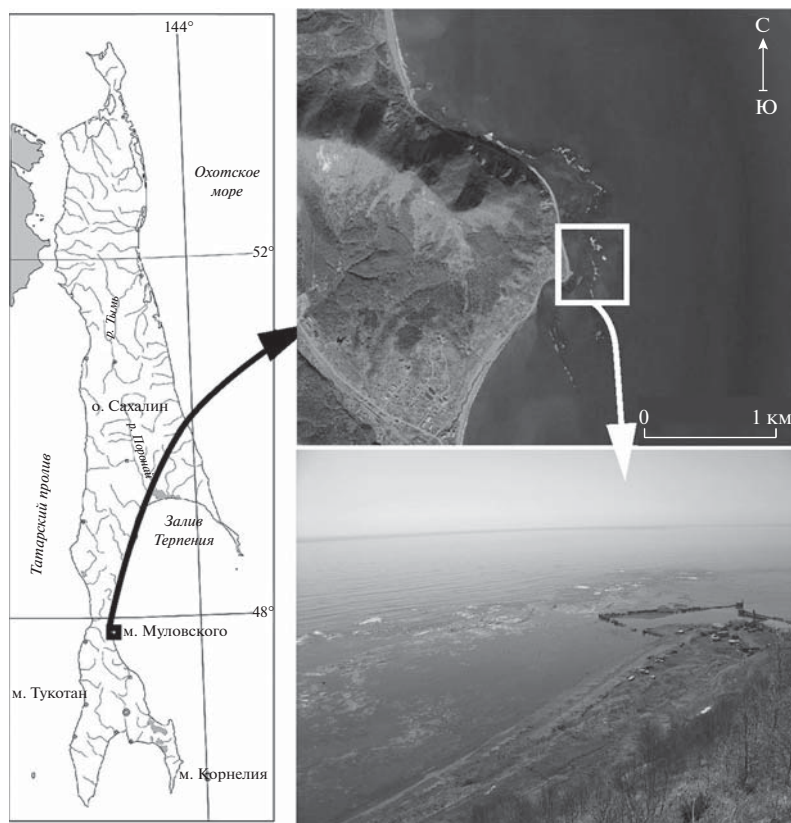


Рис. 1. Обзорная схема района наблюдения флотированных наносов.

Fig. 1. The overview scheme of the observation area of floated fragments.

вила около 1 км. Часто обломки и зерна консолидировались в группы (обломочные пятна) размером от 3×5 до 10×14 см, хотя были и единичные плывущие обломки. Всплытие наносов обусловлено повышением уровня моря при приливе.

Обзор проблемы. Согласно [13] флотация — это плавание песчаных и гравийных частиц, поддерживаемых на поверхности воды силами поверхностного натяжения. Также указано, что флотация возможна лишь в тихую погоду, обычно приурочена к фазе прилива или иных достаточно медленных повышений уровня воды. В качестве предположения отмечено, что пределы береговой зоны путем флотации покидает относительно небольшое количество наносов.

В начале XX в. появлялись небольшие заметки о наблюдении флотации, в основном в озерах [15, 16, 18, 19]. В них отмечено, что всплытию и переносу часто подвержены мелкие частицы и зерна, которые могут группироваться. Размер пятен песка был от 1 до 5 см, наибольший размер песчинок составил $2 \times 1.2 \times 1$ мм [19]. Причиной флотации во многих случаях стал ветер с берега, также по [16] она происходит в фазу прилива, при отсутствии волнения и при сухой погоде.

Первое упоминание о флотации наносов в отечественной печати принадлежит В.П. Зенковичу [4], наблюдавшему этот процесс в Белом море, в губе Ярнышная. Тогда В.П. Зенкович отметил, что в плавучем состоянии находился песок и мелкий гравий, при этом чуть более 80% приходилось на фракцию 0.5–2.0 мм. Обломки формировали изоморфные пятна диаметром 3–10 см или вытянутые полосы до 25 см.

На открытых морских пляжах флотированный песок и галька, по К.О. Эмери [17], могут образоваться в специфических условиях: в тыловых эфемерных пляжевых лагунах, в промоинах пляжа, по которым происходит сток воды из таких лагун, и на фронте слабых набегающих волн. Медианный размер песчинок с озерных пляжей составляет 0.5 мм, в то время как медианный размер песка с пляжа составил 0.33 мм. На морских пляжах, в пляжевых лагунах размер пляжевого песка и флотированного оказался равным [17].

Что касается морфологии зерен, то Д. Юм [20] отметил, что таблитчатая или дисковидная форма обломков для флотирования более подходящая, нежели сферическая. Теоретический возможный, вычисленный им, размер обломка составил $11.7 \times 7.8 \times 2.0$ мм, при плотности породы 2.7 г/см^3 и температуре воды 0°C [20].

В [8] флотация отнесена к процессу, в результате которого наносы могут пройти значительные расстояния и покинуть береговую зону. Дж. Сывитски и Д.А. Эвердингер [22] также отметили важность процесса флотации в переносе и перераспределении прибрежно-морских наносов. Песок с размером зерен до 0.5 мм перемещается по поверхности воды со скоростью не более 10 см/с, при большей — начинает тонуть.

П. Мёллер и О. Ингольффон [21] показали, что изменение солёности и температуры воды в природных условиях слабо влияют на возможный максимальный размер всплывающей гальки. Ими отмечена связь между флотацией крупных обломков (гравия и гальки) и уклоном пляжа: чем круче уклон, тем возможно больший размер может быть у потенциально флотируемого обломка. Максимальный размер длинной оси обломка способного к флотации определен ими в 10–15 мм [21]. Фактический размер наибольшего обломка в их образцах составил $15 \times 7.9 \times 4.5$ мм.

В монографии Г.А. Сафьянова [12] резюмировано, что решающим условием развития флотации является сухость наносов и медленный подъем уровня в прилив.

Подводя итог обзору, скажем, что вышеназванные исследователи отмечают обязательным наличие таких условий, как: предварительное осыхание поверхности обломков и отсутствие ветрового волнения в акватории; на морских берегах важным фактором развития флотации становится повышение уровня при приливе, причем более благоприятно он будет сказываться на относительно крутом пляже. Флотированию наиболее податливы песчаные зерна и гравий, редко галька. Флотация происходит в устьях рек, озерах и на морском взморье.

На юге о. Сахалин, помимо взморья м. Муловского, ранее флотация отмечена автором в районе м. Корнелия (рис. 1) — открытый участок берега на юго-востоке острова, омываемый Охотским морем; около м. Тукотан (юго-западный Сахалин) — омывается водами Татарского пролива; и в некоторых других. Кроме того, флотация, по сообщению сотрудника лаборатории вулканологии ИМГиГ ДВО РАН А.В. Дегтерева, происходила в условиях открытого океанского берега о. Матуа. Во всех обозначенных случаях ветровое волнение отсутствовало. Кроме того, в районах м. Корнелия, м. Тукотан и о. Матуа подводный береговой склон около берега представлен мелководным бенчем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Флотированный материал собран на поверхности прибрежной части взморья около восточного берега м. Муловского, на площади 2 м^2 — отобрана одна проба весом 105.7 г. Полоса воды с плавающими по поверхности обломками расположена непосредственно вдоль береговой линии. Погодные условия: солнечно, очень слабый ветер (менее

1 м/с). Ветровое волнение моря отсутствовало, за пределами мелководного бенча развита невысокая зыбь.

Для сравнения с составом пляжа, отобраны три пробы грунта: с уреза воды, в средней и в тыловой частях пляжа. Ширина пляжа 22 м, высота тыловой границы 2.0 м над урезом моря, средний уклон его поверхности равен 0.09 м/м. Пляж простой, прислоненный. Состав пляжевых наносов сложный: галечно-песчано-гравийный.

Пробы наносов высушили, провели ситовой анализ на наборе из 22 сит (23 фракции), фракции взвесили. Построены гистограммы распределения, определены значения среднего размера — средневзвешенное значение, медианного (M_{50}) и модального размеров, степень неоднородности, эксцесс и асимметрия распределения. Неоднородность определена через соотношение фракций M_{60} к M_{10} [3].

Так как форма обломков (уплощенная, дисковидная, удлиненная, кубическая) может нести информацию о генезисе отложений [1], для численного выражения формы характерных флотированных обломков и обломков с приурезовой части пляжа нами сделаны промеры трех главных осей: длины (L), ширины (B) и высоты (H). Измерения проведены штангенциркулем. Определены коэффициенты размеров обломков: коэффициент сферичности, коэффициент уплощенности, коэффициент окатанности.

Средний размер (L_{cp}) совокупности прямых измерений обломков определен как среднее арифметическое размеров трех осей. Коэффициент уплощенности рассчитан по отношению высоты обломка к его ширине (H/B) [1]. В качестве коэффициента сферичности принят показатель максимальной проектированной сферичности, принимающий во внимание механизм осаждения зерен в жидкости, разработанный Снимом и Фолком и показавший наилучшие результаты, по [9] ($K_{сф}$):

$$K_{сф} = (H^2/LB)^{1/3}. \quad (1)$$

Наряду с измерением линейных размеров, определен балл окатанности 0–4 (по классификации А.В. Хабакова) с указанием названия горной породы обломка.

Берег в районе работ абразионно-денудационный, с абразионной современной террасой (бенчем). Бенч мелководный и его ширина в окрестности м. Муловского достигает 200–370 м; он способен осушаться во время сизигийных отливов, в полную же воду глубина на нем местами превышает 1.0 м (рис. 2).

Плотность отдельных обломков выборочно была определена на электронных весах ViBRA HT 224RCE путем использования весов в качестве гравиметра. Процедура определения плотности образца включает определение разности веса обломка в воздухе и в воде, плотность которой известна.

Для определения характеристик прилива на дату наблюдения были использованы натурные данные об изменении уровня моря, зафиксированные прибором АРВ-10, установленном на дне взморья в 5 км южнее. Измерения уровня проведены в летне-осенний период 2007 г. Длительность измерения составила около 4 месяцев с дискретностью 1 с.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Участок взморья в районе м. Муловского приливной. Характер прилива смешанный: размах колебаний уровня моря изменяется от 45 до 80 см. На рис. 3 показана расчетная кривая приливно-отливных колебаний, рассчитанная по прямым инструментальным измерениям уровня прилегающего взморья в 2007 г.

В день наблюдения флотации максимально возможное положительное отклонение уровня моря достигло отметки +42 см, отрицательное — 43.9 см. В момент флотации пляжевых наносов происходил приливной подъем уровня (рис. 3) со скоростью около 0.24 см/мин. При такой скорости и при среднем уклоне пляжа 9 см/м горизонтальная составляющая приливной скорости составила 2.7 см/мин.



Рис. 2. Вид взморья с мелководным бенчем м. Муловского (верхнее фото — полная вода; нижнее фото — малая вода; фото 29.07.2009 г.).

Fig. 2. The view of the shore zone with shallow bench of Mulovskiy cape (top photo — high water; lower photo — low water; photo 29.07.2009).

Довольно большой уклон пляжа обусловил малую горизонтальную скорость проникновения прилива в пределы суши, что, как отмечено ранее Мёллером и Ингольфсоном [21], играет благоприятную роль для флотации обломков. Кроме того, флотация интенсивно происходила не при начале подъема уровня воды, а спустя некоторое время. Временной лаг является следствием осыхания обломков, так как при смене знака движения уровня моря, в зоне приминимального уровня пляжевые обломки не успевают достаточно хорошо просохнуть и не могут быть флотированы.

Фракционный состав плавающих наносов сопоставили с пляжевыми; совмещенные кривые гранулометрического состава приведены на рис. 4. Отчетливо видно, что на взморье м. Муловского флотировали гравийно-галечные обломки с песком. Распределение по фракциям одномодальное с хорошо выраженным острровершинным пиком во фракции 2.5–5.0 мм (средний гравий), что обусловило большое значение эксцесса (10.5). Относительно равномерное распределение “хвостов” обусловило незначительно положительную асимметрию (3.0). Средний размер обломков 5.0 мм.

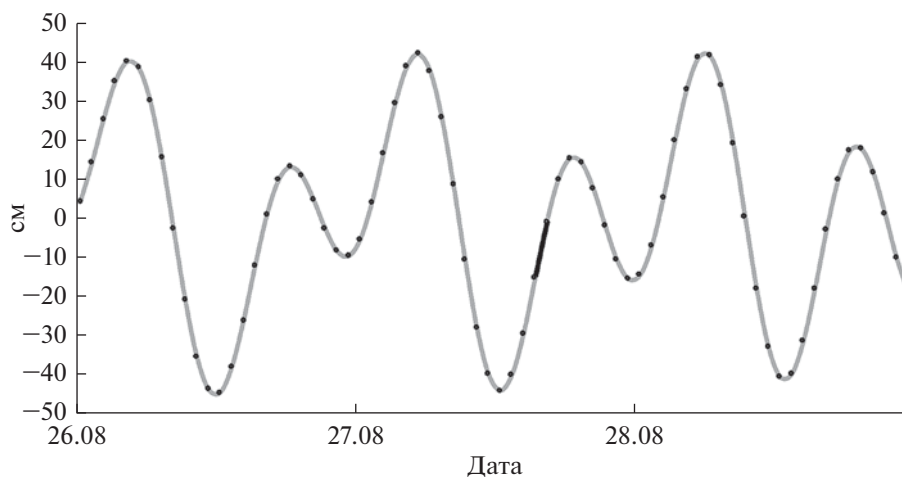


Рис. 3. Кривая приливно-отливных колебаний в районе наблюдения флотации (черный сегмент линии 27.08 — уровень в период непосредственного наблюдения флотации и отбора проб наносов).

Fig. 3. The tidal oscillation curve of offshore zone in the area of flotation observation (black segment of line 27.08 corresponds to sea level during the direct observation of flotation and sediment sampling).

Пляжевые обломки района не отличаются большим значением эксцесса: в приурезовой части он равен 2.3, в средней — 1.3, а в тыловой — 1.0. Причем на кривых распределения видно, что в тыловой части пляжа обломки имеют полимодальное распределение с гораздо большей долей мелких фракций, чем в средней и приурезовой частях. Асимметрия распределения пляжевых фракций существенно ближе к единице: около уреза 1.5, в средней части 0.5, а в тыловой 0.6. Средние размеры наносов пляжа на урзе, в средней и тыловой частях: 5.8, 7.0 и 1.7 мм соответственно.

Совпадение размеров преобладающей фракции плававших обломков и преобладающих фракций приурезовой и отчасти средней зон пляжа указывает на то, что именно эти участки пляжа дают основную массу флотированных наносов.

Несколько удивительно то, что степень неоднородности плавающих частиц попадает в рамки однородных наносов (2.6), в то время как на пляже этот показатель изменяется от 3.1 в тыловой части до 6.2 в средней, а в приурезовой зоне пляжа коэффициент неоднородности составил 4.1. Часто именно пляжевые наносы, особенно если пляжи песчаного состава, отличаются высокой однородностью. В нашем случае пляж примыкает к абразионно-денудационному берегу с широким бенчем, который существенно снижает волновое влияние моря на пляж, что неблагоприятно для размерной дифференциации наносов и их однородности.

Наиболее крупный плавущий обломок представлен галькой алевролита размером $29 \times 22 \times 3.6$ мм (рис. 5). Во фракции 10–20 мм оказалось 4 обломка, три из которых представлены углистой породой. Фракция 7–10 мм представлена большим количеством обломков, из них 73.5% — алевролит, 16.3% — уголь, 10.2% — песчаник.

Во фракции 5–7 мм также преобладает алевролит — 72%, на уголь и углистые породы пришлось 18%, 8% — песчаник, 2% — магматические породы (долерит).

Результаты определения плотности характерных обломков: алевролит $2.25\text{--}2.46$ г/см³, углистый аргиллит 1.61 г/см³, каменный уголь — $1.37\text{--}1.44$ г/см³. Плотность яшмы, отмеченной только в составе пляжа, составила 2.62 г/см³.

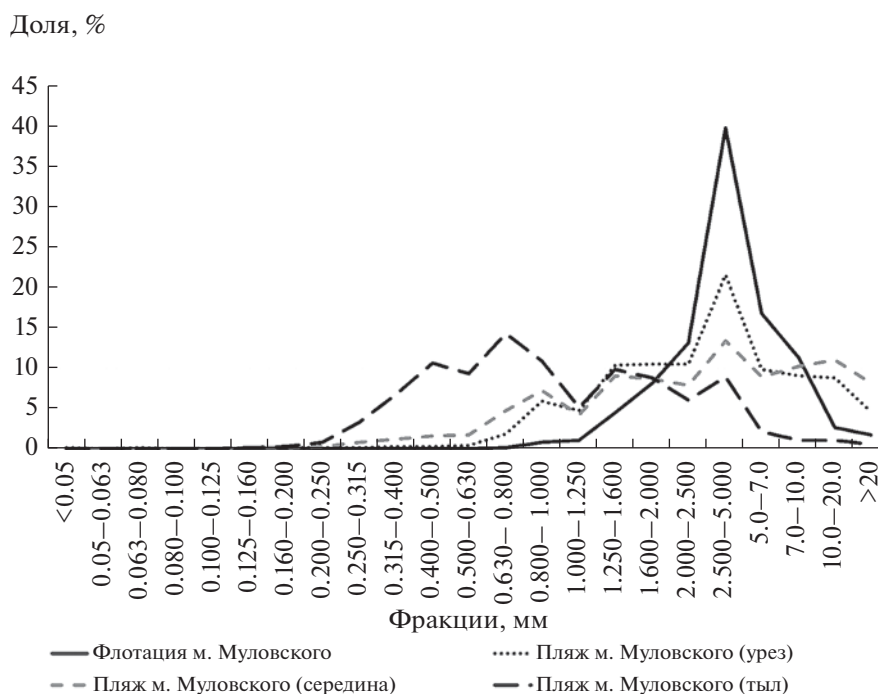


Рис. 4. Кривые распределения фракций флотированных и пляжевых наносов.

Fig. 4. Curves of the faction distribution of floated fragments and beach sediments.

Сравнение значений коэффициента уплощенности показало, что с увеличением размера обломка он уменьшается. Так, во фракции >20 мм он равен 0.16, 10–20 мм — 0.27, 7–10 мм — 0.37, 5–7 мм — 0.42, 2.5–5 мм — 0.59. Между тем у обломков пляжа (приурезовая зона) во фракции 10–20 мм коэффициент уплощенности составил 0.51, а у фракции 7–10 мм — 0.6.

Коэффициент сферичности у флотированных обломков: во фракции >20 мм он равен 0.27, 10–20 мм — 0.37, 7–10 мм — 0.44, 5–7 мм — 0.5, 2.5–5 мм — 0.6. У обломков пляжа (приурезовая зона) во фракции 10–20 мм коэффициент сферичности равен 0.62, а у фракции 7–10 мм — 0.66. Видно, что флотирующие обломки более уплощены в целом, однако, по мере уменьшения их размера значения коэффициентов уплощенности и сферичности смещаются в сторону все более сферичных обломков.

Надо заметить, что в состав наносов пляжа входят потенциально флотируемые обломки. Мы сделали попытку отфильтровать значения таких обломков от отложений пляжа, в качестве определяющего критерия использовали параметр уплощенности — его среднее значение, а в качестве верхней границы размера — величину стандартного отклонения с положительным знаком. Оказалось, что во фракции пляжа 10–20 мм таких обломков 28.3%. Без их участия значение коэффициента уплощенности увеличилось до 0.62, такой же величины достиг коэффициент сферичности. Во фракции 7–10 мм доля потенциально флотируемых — 26%, а значения коэффициентов уплощенности и сферичности увеличились до 0.7 и 0.66 соответственно. На рис. 6 показано распределение значений коэффициентов уплощенности и сферичности у обломков более 7 мм.

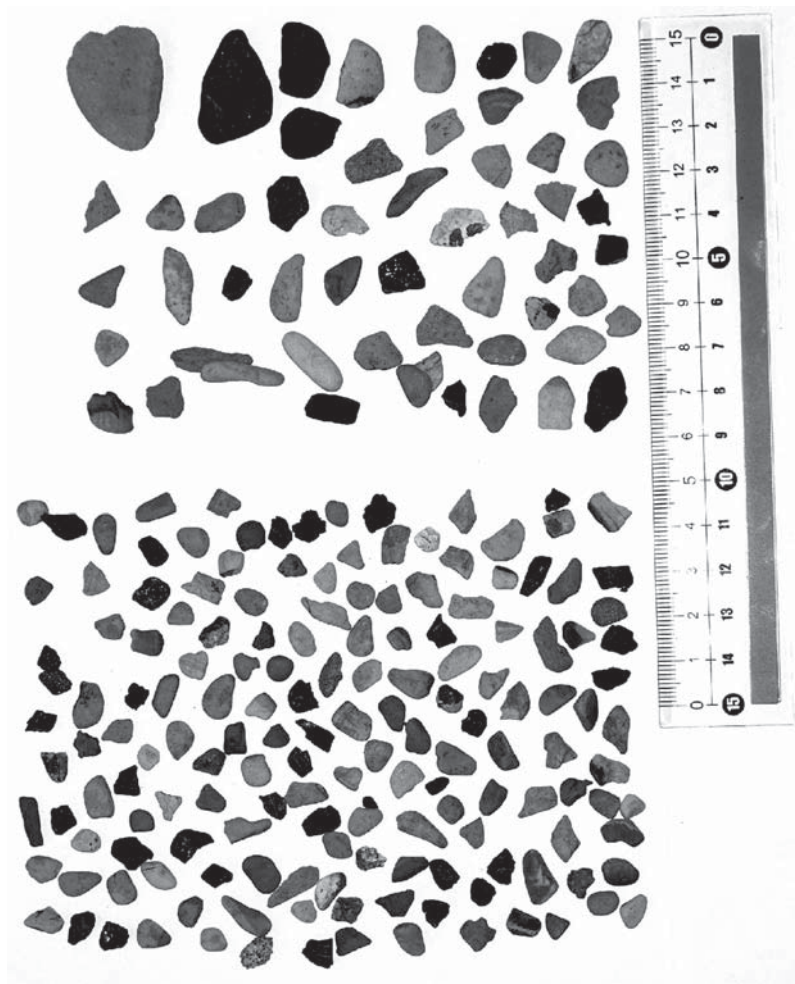


Рис. 5. Вид наиболее крупных флотированных обломков (фракции >20 мм, 10–20 мм, 7–10 мм).

Fig. 5. View of the largest flotation fragments (factions >20 mm, 10–20 mm, 7–10 mm).

Распределение обломков флотации и пляжа (без потенциально флотируемых) по значениям коэффициентов уплощенности и сферичности показывает две группы точек с определенной зоной перекрытия, которая, в основном, затрагивает область в диапазоне 0.45–0.5 по уплощенности и 0.45–0.55 по сферичности. Отдельные точки выброса рассматриваемых групп могут встречаться и за пределами этой области.

Средняя окатанность флотированного гравия размером 7–10 мм составила 1.98, а пляжевого гравия, без учета потенциально флотируемого, – 1.73. У мелкой гальки (10–20 мм) аналогичные параметры оказались равны 2.5 и 2.24 соответственно. В нашем случае окатанность плавающих обломков в целом была близка к средней, но несколько лучше, чем у пляжевого материала.

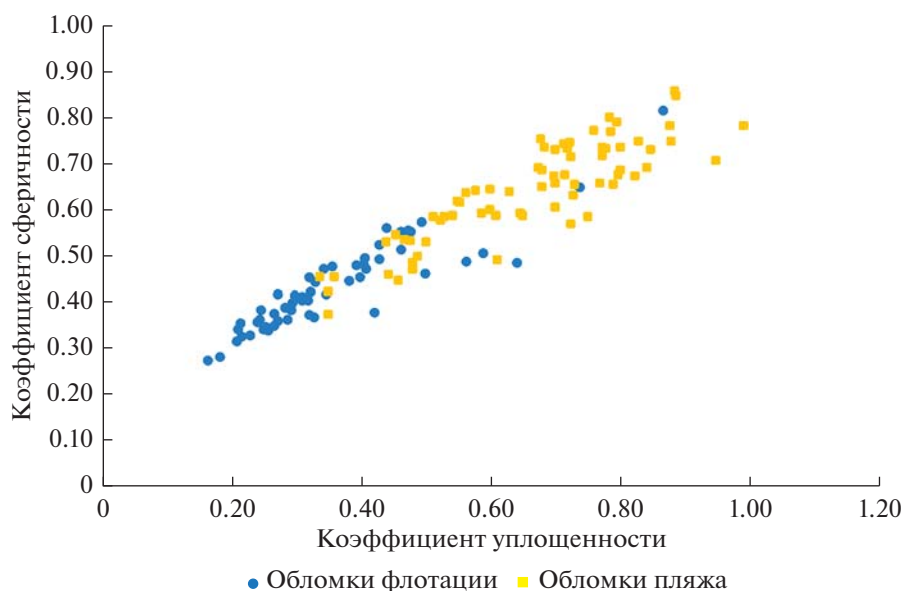


Рис. 6. Распределение значений коэффициентов уплощенности и сферичности у обломков пляжа и флотации.

Fig. 6. The distribution of flatness and sphericity ratios of the beach sediments and floated fragments.

ВЫВОДЫ

Флотация происходит как в речных, озерных, так и морских и океанических условиях. В двух последних случаях наиболее благоприятны участки береговой зоны с мелководным бенчем, который ослабляет воздействие ветрового волнения на берег.

Скорость приливного роста уровня моря в 0.24 см/мин при горизонтальной составляющей в пределах пляжа 2.7 см/мин способствуют проявлению и развитию флотации.

Обломочный состав флотируемых наносов предопределен составом пляжа. При условии песчано-гравийного с галькой пляжа размер флотируемых обломков достигает галечной размерности. В нашем случае максимальный размер обломка составил $29 \times 22 \times 3.5$ мм, при плотности 2.46 г/см^3 . В составе пляжа, в приурезовой зоне, доля потенциально флотируемых обломков гравийной и галечной размерности может достигать 26–28%.

Наиболее податливы флотации алевролитовые, песчаные и углистые обломки. Обломки кристаллических пород не характерны для флотации в гравийно-галечных фракциях. Флотированные обломки в основном более уплощены и обладают менее сферической формой, чем обломки пляжа. Окатанность флотированных обломков в пределах абразионно-денудационного берега оказалась несколько лучше, чем пляжевых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борсук О.А., Симонов Ю.Г. Галька — источник информации // Природа. 1967. № 3. С. 68–70.
2. Горбунов А.О., Кайстренко В.М. Сравнительная гранулометрическая характеристика современных эоловых и погребенных песков в прибрежных торфяниках // Геодинамические процессы и природные катастрофы в Дальневосточном регионе: научная конференция,

- посвященная 65-летию Института морской геологии и геофизики ДВО РАН: тезисы докладов. 26–30 сентября 2011 г. / Отв. ред. Б.В. Левин. Южно-Сахалинск: Изд-во ИМГиГ ДВО РАН, 2011. С. 145–146.
3. ГОСТ 25100-11 Грунты. Классификация. Soils. Classification. // Межгосударственный стандарт / Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 июля 2012 г. № 190-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 25100-2011 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2013 г. С. 52.
 4. *Зенкович В.П.* О значении переноса песчаных частиц путем флотации // *Природа*. 1967. № 6. С. 102–104.
 5. *Зенкович В.П.* Основы учения о развитии морских берегов. М.: Наука, 1962. 710 с.
 6. *Короткий А.М.* Корреляция современного рельефа и осадков для целей палеогеоморфологии. Владивосток: Изд-во ДВГИ, 1971. 167 с.
 7. *Леонтьев О.К.* Основы геоморфологии морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1961. 418 с.
 8. *Леонтьев О.К., Никифоров Л.Г., Сафьянов Г.А.* Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1975. 336 с.
 9. *Лидер М.Р.* Седиментология. Процессы и продукты. М.: Мир, 1986. 439 с.
 10. *Климентов П.П., Богданов Г.Я.* Общая гидрогеология. М.: Недра, 1977. 357 с.
 11. Поверхностное натяжение // Справочник гидрогеолога / Ред. М.Е. Альтовский. М.: Госгеолтехиздат, 1962. С. 35–36.
 12. *Сафьянов Г.А.* Геоморфология морских берегов. М.: Изд-во МГУ, 1996. 400 с.
 13. Флотация // *Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения* / Науч. ред. В.П. Зенкович, Б.А. Попов. М.: Мысль, 1980. С. 82–83.
 14. *Шенард Ф.П.* Морская геология. Л.: Недра, 1976. 488 с.
 15. *Behre Jr.* Sand flotation in nature // *Science*. 1926. V. 63. № 1633. P. 405–406.
<https://doi.org/10.1126/science.63.1633.405-a>
 16. *Carus-Wilson. C.* Floating stones // *Nature*. 1900. V. 6. № 1579. P. 318.
 17. *Emery K.O.* Transportation of marine beach sand by flotation // *J. Sedimentary Petrology*. 1945. V. 15. № 3. P. 84–87.
 18. *Evans O.F.* Transportation of sediments on fresh-water surfaces by flotation // *Journal of Sedimentary Research*. 1938. V. 8. P. 33–35.
<https://doi.org/10.1306/D4268FE0-2B26-11D7-8648000102C1865D>
 19. *Juday C.* Sand flotation on lakes // *Science*. 1926. V. LXIV. № 1649. R. 138.
<https://doi.org/10.1126/science.64.1649.138-a>
 20. *Hume J.D.* Floating sand and pebbles near Barrow, Alaska // *J. Sedimentary Petrology*. 1964. V. 34. № 3. P. 532–536.
<https://doi.org/10.1306/74D710DC-2B21-11D7-8648000102C1865D>
 21. *Möller P., Ingolfsson O.* Gravel and Sand Flotation: A Sediment Dispersal Process Important in Certain Nearshore Marine Environments // *J. Sedimentary Research*. 1994. V. 64. № 4. P. 894–898.
<https://doi.org/10.1306/D4267EFB-2B26-11D7-8648000102C1865D>
 22. *Syvitski J.P.M., van Everdingen D.A.* A revaluation of the geologic phenomenon of sand flotation: a field and experimental approach // *J. Sedimentary Petrology*. 1981. V. 51. P. 1315–1322.
<https://doi.org/10.1306/212F7E9B-2B24-11D7-8648000102C1865D>
 23. *Takashimizu Y., Iiyoshi M.* New parameter of roundness R: circularity corrected by aspect ratio // *Progress in Earth and Planetary Science*. 2016. V. 3. № 2.
<https://doi.org/10.1186/s40645-015-0078-x>

Lithological and Hydrological Conditions of the Flotation of Beach Sediments (on the Example of Sakhalin Island)

A. O. Gorbunov*

Institute of marine geology and geophysics FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

*e-mail: briiz@yandex.ru

The article concerns flotation as one of the processes of lithodynamics in the coastal zone. Flotation has been known for a long time, the first information about it has appeared at the end of the 19th century, but often had the character of small popular science notes about the phenomenon. In the 1930s V.P. Zenkovich noted the importance of this process in the lithodynamics of the coastal zone. However, there were few detailed works devoted to the causes of flotation, the features of the manifestation, and the size of sediments until the end of the 20th century. There are several results based on a detailed approach to the study of this process in foreign publications. But even after the works, the descriptive part of this process is far from complete. The lithological characteristic and description of the hydrological conditions of the manifestation of flotation near Mulovsky cape on Sakhalin are given. The dimensional characteristics of floted and beach sediments are presented and compared: coefficients of flatness and sphericity of fragments, kurtosis and skew of grain size distribution, and roundness of fragments. The flotted fragments are better flattened and less spherical in comparison with beach sediments, and their roundness is slightly better than that of beach ones.

Keywords: flotation, beach, lithodynamics, beach, Sakhalin island, Sea of Okhotsk, coefficient of flatness, coefficient of sphericity, kurtosis, skew, tide

REFERENCES

1. Borsuk O.A., Simonov Yu.G. Gal'ka — istochnik informacii // Priroda. 1967. № 3. S. 68–70.
2. Gorbunov A.O., Kajstrenko V.M. Sravnitel'naya granulometricheskaya karakteristika sovremenny'x e'olovy'x i pogrebyonny'x peskov v pribrezhny'x torfyanikakh // Geodinamicheskie processy i prirodny'e katastrofy v Dal'nevostochnom regione: nauchnaya konferenciya, posvyashhyonnaya 65-letiyu Instituta morskoy geologii i geofiziki DVO RAN: tezisy dokladov. 26–30 sentyabrya 2011 g. / Otv. red. B.V. Levin. Yuzhno-Saxalinsk: Izd-vo IMGIG DVO RAN, 2011. S. 145–146.
3. GOST 25100-11 Grunty. Klassifikaciya. Soils. Classification. // Mezhgosudarstvenny'j standart / Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 12 iyulya 2012 g. № 190-st mezhgosudarstvenny'j standart GOST 25100-2011 vveden v dejstvie v kachestve nacional'nogo standarta Rossijskoj Federacii s 1 yanvarya 2013 g. S. 52.
4. Zenkovich V.P. O znachenii perenosa peschany'x chasticz putem flotacii // Priroda. 1967. № 6. S. 102–104.
5. Zenkovich V.P. Osnovy ucheniya o razviti morskix beregov. M.: Nauka, 1962. 710 s.
6. Korotkij A.M. Korrelyaciya sovremennogo rel'efa i osadkov dlya celej paleogeomorfologii. Vladivostok: Izd-vo DVGI, 1971. 167 s.
7. Leont'ev O.K. Osnovy geomorfologii morskix beregov. M.: Izd-vo MGU, 1961. 418 s.
8. Leont'ev O.K., Nikiforov L.G., Saf'yanov G.A. Geomorfologiya morskix beregov. M.: Izd-vo MGU, 1975. 336 s.
9. Lider M.R. Sedimentologiya. Processy i produkty. M.: Mir, 1986. 439 s.
10. Klimentov P.P., Bogdanov G.Ya. Obshhaya gidrogeologiya. M.: Nedra, 1977. 357 s.
11. Poverkhnostnoe natyazhenie // Spravochnik gidrogeologa / Red. M.E. Al'tovskij. M.: Gosgeoltexizdat, 1962. S. 35–36.
12. Saf'yanov G.A. Geomorfologiya morskix beregov. M.: Izd-vo MGU, 1996. 400 s.
13. Flotaciya // Morskaya geomorfologiya. Terminologicheskij spravochnik. Beregovaya zona: processy, ponyatiya, opredeleniya / Nauch. red. V.P. Zenkovich, B.A. Popov. M.: My'sl', 1980. S. 82–83.
14. Shepard F.P. Morskaya geologiya. L.: Nedra, 1976. 488 s.
15. Behre Jr. Sand flotation in nature // Science. 1926. V. 63. № 1633. P. 405–406. DOI 10.1126/science.63.1633.405-a
16. Carus-Wilson. C. 1900. Floating stones // Nature. 1900. V. 6. № 1579. P. 318.
17. Emery K.O. Transportation of marine beach sand by flotation // J. Sedimentary Petrology. 1945. V. 15. № 3. P. 84–87.
18. Evans O.F. Transportation of sediments on fresh-water surfaces by flotation // Journal of Sedimentary Research. 1938. V. 8. P. 33–35. DOI 10.1306/D4268FE0-2B26-11D7-8648000102C1865D
19. Juday C. Sand flotation on lakes // Science. 1926. V. LXIV. № 1649. R. 138. DOI 10.1126/science.64.1649.138-a
20. Hume J.D. Floating sand and pebbles near Barrow, Alaska // Journal of Sedimentary Petrology. 1964. V. 34. № 3. P. 532–536. DOI 10.1306/74D710DC-2B21-11D7-8648000102C1865D
21. Möller P., Ingolfsson O. Gravel and Sand Flotation: A Sediment Dispersal Process Important in Certain Nearshore Marine Environments // J. Sedimentary Research. 1994. V. 64. № 4. P. 894–898. DOI 10.1306/D4267EFB-2B26-11D7-8648000102C1865D

-
22. Syvitski J.P.M., van Everdingen D.A. A revaluation of the geologic phenomenon of sand flotation: a field and experimental approach // J. Sedimentary Petrology. 1981. V. 51. P. 1315–1322. DOI 10.1306/212F7E9B-2B24-11D7-8648000102C1865D
 23. Takashimizu Y., Iiyoshi M. New parameter of roundness R: circularity corrected by aspect ratio // Progress in Earth and Planetary Science. 2016. V. 3. № 2. DOI 10.1186/s40645-015-0078-x