

УДК 551.462.8+551.465.78:627.222.23

Д. В. Дорохов, Е. В. Дорохова

ЛИТОДИНАМИЧЕСКИЕ И ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРРАСИРОВАННОГО ПОДВОДНОГО СКЛОНА САМБИЙСКОГО П-ОВА (ЮГО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ)

30

По результатам обследования морского дна методами гидролокации бокового обзора, эхолотного промера и гранулометрического анализа поверхностных отложений детально закартированы субаквальные (древние) береговые уступы в районе м. Таран, выполнена их классификация по морфологическим признакам и построена подробная электронная литологическая карта. Рассмотрена связь придонных течений с метеорологическими условиями. На основе статистических характеристик гранулометрического состава донных отложений на подводном береговом склоне северного побережья Самбийского п-ова определен тренд потока наносов в северном направлении от 10 м изобаты в сторону открытого моря, а вдоль побережья на глубине около 20 м в восточном направлении.

The submerged (ancient) wave-cut cliffs have been mapped as a result of seabed exploration using the side-scan sonar, echo-sounding and grain-size analysis methods in the area of Cape Taran; they have been classified according to the morphological features; a detailed electronic lithological map has been drawn. The authors analyse the correlation between bottom currents and meteorological conditions. The sediment trend analysis based on statistical parameters of grain size distribution helped identify the sediment trend from the 10 m isobath northward towards the open sea and that along the shore at a 20 m depth eastward.

Ключевые слова: геоморфология, литодинамика, субаквальные береговые уступы, поток наносов, электронное картографирование.

Key words: geomorphology, lithodynamic, submerged wave-cut cliffs, sediment trend, digital mapping.

Введение

Работа направлена на изучение формирования и эволюции микро-рельефа и донных осадков под влиянием гидродинамической среды в условиях террасированного рельефа подводного склона Самбийского п-ова (российский сектор юго-восточной части Балтийского моря). Затопленные террасы распространены повсеместно на шельфе Мирового океана [1] и являются одним из основных источников информации о колебаниях уровня моря в прошлом. Морфологически террасированный береговой склон выражен крутыми обрывистыми уступами, в большинстве случаев представляющими собой древние береговые клифы, затопленные в ходе литориновой трансгрессии.



Предьдущие исследования затопленных древних береговых уровней юго-восточной части Балтийского моря посвящены истории постгляциальных изменений уровня Балтийского моря и проводились с помощью устаревшего на данный момент океанологического оборудования. До сих пор остается много нерешенных вопросов. Изучение особенностей современных литодинамических процессов в условиях террасированного подводного берегового склона и их влияния на геоморфологию дна до настоящего времени не проводились. Направление потока наносов в исследуемой акватории никогда ранее не определялось на основе статистических характеристик гранулометрических распределений донных отложений. Использование современного геоакустического и гидрофизического оборудования позволило по-новому взглянуть на протекающие у дна процессы.

Детальный анализ современного осадконакопления и литодинамических особенностей подводного склона с целью выявления различных литофациальных зон и тенденций их развития, а также изучение направлений перемещения осадочного материала весьма актуален и имеет как фундаментальное, так и прикладное значение. Сегодня все более значимы вопросы исследования морских донных ландшафтов, в которых донные отложения и морфология дна — основа формирования и развития бентосных сообществ. Субаквальные береговые уступы — уникальные элементы донных ландшафтов, где отмечается увеличение численности и биологического разнообразия донных растений и организмов. Уточнение положения древних береговых уровней играет важную роль в реконструкции и прогнозе изменения уровня моря в ходе глобального изменения климата.

Особую важность приобретают в последнее время геоэкологические аспекты изучения поверхностных отложений дна Балтийского моря, что определяется возрастающей антропогенной нагрузкой на акваторию. Литолого-фациальные карты дна являются базовыми при геоэкологическом картировании. Исследование современных седиментационных процессов — необходимое условие для любых строительных работ в береговой зоне, а также проектирования и возведения берегозащитных сооружений.

Цель настоящей работы — на характерном участке террасированного подводного склона Самбийского п-ова выявить литодинамические особенности: описать современные процессы перераспределения типов донных осадков, связанных с придонной гидродинамикой; создать схему перемещения донных наносов на участке северного подводного берегового склона Самбийского п-ова и построить литологическую картосхему (далее карту) масштаба 1:50000; построить детальную картосхему (далее карту) затопленных древних береговых уступов в районе м. Таран на основе данных гидролокации бокового обзора (ГЛБО).

В Балтийском море проблемам исследований субаквальных береговых клифов посвящено достаточно много работ [2—9] исключительно по изучению положения и времени образования подводных древних береговых линий. Субаквальные клифы рассматриваются как ценный источник информации о древних уровнях моря для палеогеографических реконструкций. Вопросам литодинамики подводных склонов Балтийского моря

также посвящены многочисленные труды [10–23] и другие, в которых охарактеризованы масштабные литодинамические процессы Гданьского бассейна и Балтийского моря в целом, однако изучение их особенностей в условиях террасированного подводного склона ранее не проводились.

Большая часть предыдущих исследований субаквальных клифов и литодинамики подводных склонов в российском секторе юго-восточной части Балтийского моря выполнялась устаревшим на данный момент океанологическим оборудованием с применением старых архивных данных. В последнее десятилетие появилась возможность более детально изучить дно и происходящие на нем процессы с помощью современных геоакустических, гидрофизических и литологических методов с использованием точной географической привязки.

32

Материалы и методы

В основе работы лежит комплексный подход с применением геоакустического, литологического и гидрофизического методов. Гидрофизические наблюдения рассматривались в совокупности с метеорологическими условиями.

Характерный участок исследования выбран по критерию максимального количества субаквальных древних береговых уступов на подводном береговом склоне. Он охватывает северную и западную часть подводного берегового склона Самбийского п-ова в районе м. Таран (рис. 1). На основании карты затопленных древних береговых уступов [9] этот полигон более всего подходит для изучения литодинамических особенностей в условиях террасированного подводного склона. На нем находится до 7 крупных уступов на глубинах от 15 до 70 м. Литологическое картирование и определение тренда наносов по литологическим данным проводилось только на северном подводном береговом склоне Самбийского п-ова (рис. 1) по причине недостаточной обеспеченности западной части участка данными пробоотбора донных отложений.

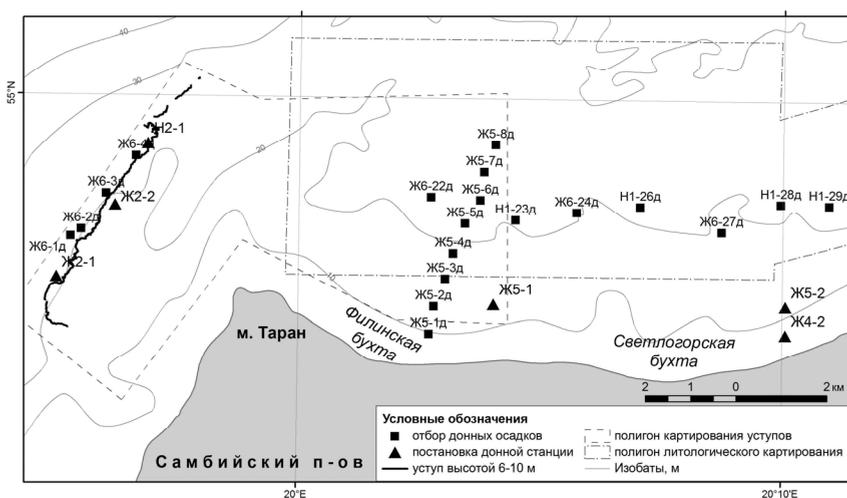


Рис. 1. Схема работ и полигонов картирования на исследуемом участке подводного склона Самбийского п-ова



Геоакустические исследования. Геоакустические методы исследования использовались для определения границ типов поверхностных донных отложений, точного положения субквальных береговых уступов и их геоморфологических характеристик. В большей мере применялись первичные архивные записи гидролокаторов бокового обзора (ГЛБО) подводно-археологических экспедиций Музея Мирового океана в 2011–2012 гг. в формате ХТФ, экспедиций ВСЕГЕИ 2009–2011 гг. в формате СМ2 и экспедиций ФГУНПП «СЕВМОРГЕО» 2008 г. в формате СМ2. Для выполнения дополнительной геоакустической съемки в 2012 г. АО ИО РАН был задействован гидрографический комплекс на базе двухчастотного эхолота Simrad EA400SP (38 и 200 кГц) с опцией гидролокации бокового обзора с двумя антеннами 200 кГц. Регистрация и постобработка батиметрических данных и записей ГЛБО выполнена посредством гидрографического программного обеспечения Hurack 2012. Обработанные записи ГЛБО экспортировались в формат GeoTIFF с последующим их добавлением в проект ArcGIS для получения мозаики и картирования типов донных отложений и положения древних береговых уступов на морском дне. Батиметрические данные и эхограммы однолучевого эхолота, установленные на частоте 38 кГц, дополняли данные ГЛБО и определяли геоморфологические характеристики уступов.

Гранулометрический анализ. Гранулометрический анализ проб осадков осуществлялся с целью расчета трендов потока наноса и интерпретации данных ГЛБО. Помимо архивных данных АО ИО РАН гранулометрического состава донных отложений, были использованы новые данные, собранные в экспедициях АО ИО РАН в 2012 г. с помощью малых плавсредств «Жемчуг» (Ж) и «Неман» (Н). Производился отбор проб малой ручной драгой (горизонт пробоотбора 0–3 см) на 3 разрезах: 4 пробы у подошвы высокого уступа западнее м. Таран (точки Ж6–1д – Ж6–4д), по 8 – вдоль основания невысокого уступа на участке северного подводного берегового склона Самбийского п-ова (точки Ж6–22д, Ж5–6д, Ж6–24д, Ж6–27д, Н1–23д, Н1–26д, Н1–28д и Н1–29д) и по нормали к берегу Филинской бухты (точки Ж5–1д – Ж5–8д) (рис. 1).

Гранулометрический анализ проб донных отложений проводился ситовым методом в соответствии с логарифмической Φ («фи») шкалой Вентворта [24–25]. Для анализа фракций крупнее 0,063 мм использовался набор сит с размером ячеек 0,5 Φ , устанавливаемых на просеивающей машине Analysette 3. Для илистых фракций < 0,063 мм в сложных пробах гранулометрический анализ проводился лазерным дифракционным методом на лазерном анализаторе частиц Analysette 22. Результаты ситового и лазерного анализа были объединены в программе Analysette 22 32 Bit.

Границы фракций измерялись в миллиметрах. Основные статистические параметры гранулометрических распределений (медианный диаметр M_d , среднее M_a , сортировка σ и асимметрия K_a) определялись



согласно [26]. Вычисление направления переноса донных отложений проводилось по методике Мак Ларена [27], основанной на установлении тренда переноса по характеру изменений от точки к точке статистических характеристик гранулометрических распределений (среднего, сортировки и асимметрии) в соответствии с направлением переноса осадка.

Гидрофизические исследования. Придонные течения измерялись на станциях с помощью автономного акустического доплеровского измерителя течений (ADCP) Seaguard RCM фирмы Aanderaa Data Instruments (Норвегия), которая позволяет определить три компоненты скорости морского течения до глубин 300 м, а кроме того температуру, соленость, мутность и волнение моря. В августе-октябре 2012 г. осуществлялись три однодневные постановки станции на наиболее высоком уступе западнее м. Таран (точки Ж2–1 и Н2–1 на нижней бровке и точка Ж2–2 на верхней бровке) и три однодневные постановки на северной части подводного берегового склона Самбийского п-ова (точка Ж5–1 на восточном склоне Филинской бухты и точки Ж4–2 и Ж5–2 в Светлогорской бухте) (рис. 1). Также прибор иногда применяли для STD профилирования водной толщи с целью расчета вертикального распределения скорости звука в воде и внесения соответствующих поправок в эхолотные данные.

Метеоданные. Данные метеорологических наблюдений использовались с целью выявления связи придонной гидродинамики со скоростью и направлением ветра. Метеорологические данные получены с АГМС Minikrams-4, установленной на морской нефтедобывающей платформе (МЛСП D-6) ООО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть» на высоте 27 м над уровнем моря. Ценность метеоданных в том, что они регистрируются непосредственно в открытом море, где отсутствует влияние берега на метеорологические измерения.

Результаты

По результатам обследования дна составлена электронная карта (масштаб 1:50000) затопленных древних береговых уступов в районе м. Таран (рис. 2) и обнаружены их геоморфологические особенности. По форме склона субаквальные клифы разделены на выровненные и ступенчатые, а по высоте уступов — на высокие (4–10 м) и низкие (0,5–4 м). Сонограммы ГЛБО свидетельствуют о том, что низкие уступы не оказывают существенного влияния на распределение донных отложений. Высокие уступы (на рис. 2 выделены толстой линией) разделяют различные литодинамические обстановки и, соответственно, типы донных отложений. Верхняя площадка, откос и нижняя бровка такого уступа покрыты грубообломочными отложениями (рис. 3) вследствие дефицита наносов, и это служит индикатором процессов интенсивного размыва дна. Нижняя площадка уступа покрыта среднезернистыми песками (рис. 3), что характеризует менее интенсивную динамику осадков и является зоной накопления (транзита) осадочного вещества.

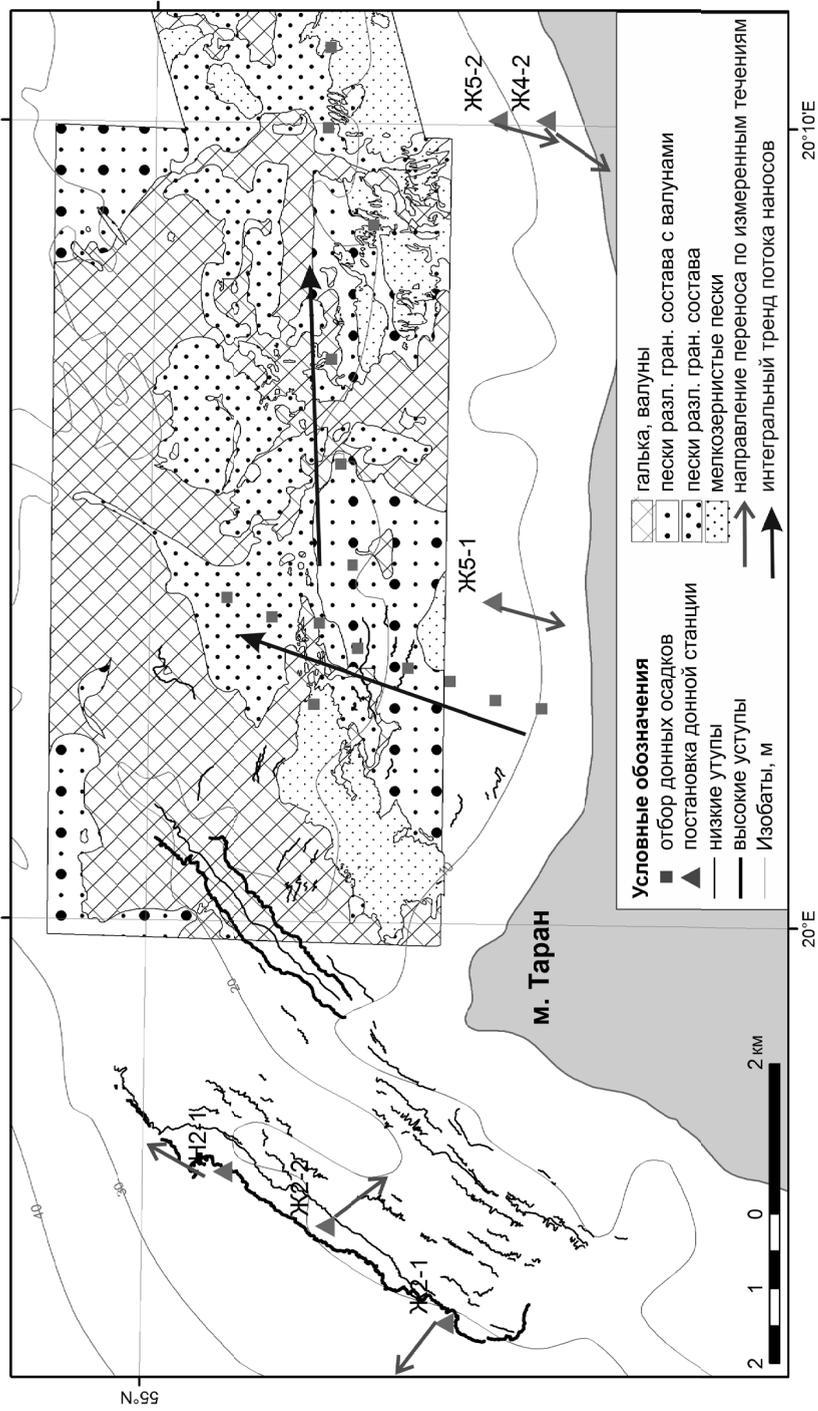


Рис. 2. Картохема субаквальных береговых уступов подводного склона Самбийского п-ова, типов донных отложений и направлений их переноса

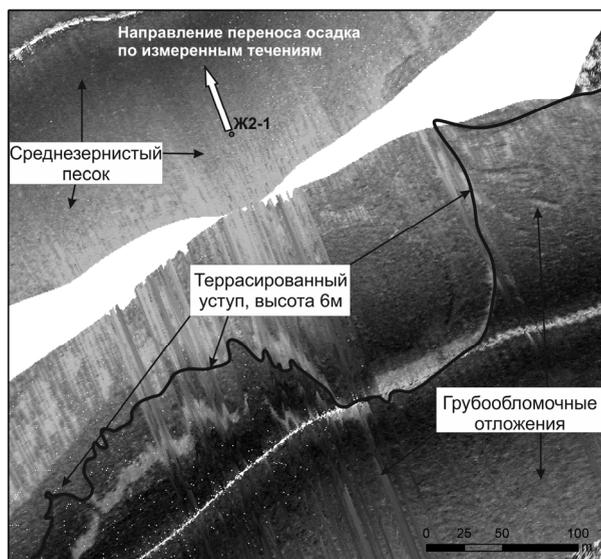


Рис. 3. Запись ГЛБО участка высокого субаквального берегового уступа западнее м. Таран

На северной части подводного берегового склона Самбийского п-ова построена литологическая карта масштаба 1:50000 (рис. 2). Данный участок характеризуется сложным распределением поверхностных осадков. Поля грубозернистых (валунно-галечных) отложений выступают индикаторами активных процессов подводного размыва и дефицита наносов. Пятнистость в распределении донных отложений здесь объясняется «локальными выходами коренных пород, перекрытых валунно-галечными отложениями и песками различной зернистости» [23], а также резкой сменой параметров придонных течений у м. Таран, обусловленных крутым поворотом береговой линии. Несмотря на преобладание валунно-галечных отложений наблюдается незначительное накопление мелкозернистого песка от изобаты 20 м к берегу в бухтах между мысами. Его аккумуляция, вероятно, связана с циркуляционным типом переноса донных отложений.

Согласно литологической карте [23] и по результатам данных ГЛБО, донные отложения на характерном участке представлены полями разнозернистых песков с галькой и гравием, перемежающимися с участками валунно-галечных отложений. В районе идут процессы интенсивного размыва. По данным гранулометрического анализа на участке преобладают среднезернистые и крупнозернистые пески, а на глубинах более 20 м — крупнозернистые пески с галькой и гравием.

На нижней площадке высокого уступа западнее м. Таран (рис. 2) наиболее распространены хорошо сортированные среднезернистые пески ($Md = 0,3$ мм, $S0 = 1,3$). На верхней площадке уступа пробы донных отложений ручной драгой отобрать не удалось. По результатам ГЛБО на вершине уступа доминируют грубообломочные осадки с галькой и отдельными валунами (рис. 3). Различия в типах осадка на поверхности и у подошвы уступа свидетельствуют о различных литодинамических про-



цессах. На верхней площадке уступа происходит размыв донных отложений, тогда как на нижней, наоборот, их накопление.

Донные отложения вдоль подошвы низкого уступа высотой менее 1 м на северной части подводного берегового склона Самбийского п-ова отличаются неоднородностью гранулометрического состава, осадок менее сортирован. Медианный диаметр варьируется от 0,2 до 1,1 мм, коэффициент сортировки в среднем 1,7. Очевидно, низкий уступ не формирует границу литодинамических обстановок, что подтверждается данными ГЛБО.

На разрезе по нормали к берегу Филинской бухты (рис. 1), осадки представлены крупнозернистыми песками, а в самых мористых пробах — с содержанием крупнообломочного материала. Медианный диаметр растет от 0,1 до 2,2 мм по направлению к открытому морю, сортировка составляет в среднем 1,7. Разрез проходит через серию низких уступов (по данным ГЛБО высотой около 1 м), при этом отсутствует тенденция к накоплению мелкозернистых осадков у подножий уступов, а, напротив, идет укрупнение осадка по направлению к открытому морю. Низкие уступы не препятствуют выносу осадочного материала далее по склону и не способствуют его накоплению у нижней бровки, как это наблюдается у высоких уступов.

Гранулометрический состав донных отложений обусловлен воздействием придонных течений, которые на малых глубинах в большой степени определяются ветровым режимом. По результатам измерения автономной донной станцией силы и направления придонных течений, ветровых характеристик в день проведения съемки и за предшествующий период, а также данных гранулометрического состава донных отложений выявлено преобладающее направление переноса донных отложений при соответствующих метеоусловиях (рис. 2). Измеренные скорости придонных течений способствуют выносу тонкого илистого материала и граничны для накопления или переноса песчаного осадочного материала в направлении, совпадающем с направлением придонных течений [28].

В северной части подводного берегового склона Самбийского п-ова, в точках Ж4—2 (29.08.2012), Ж5—1 и Ж5—2 (31.08.2012), несмотря на разные метеоусловия, преобладал перенос осадочного материала юго-западного направления под углом к берегу (рис. 2). Измерениям 29.08.2012 г. предшествовал умеренный ветер (4—7 м/с) северо-западного направления, а показателям от 31.08.2012 г. — слабый ветер (1—4 м/с) юго-восточного направления. Все три станции расположены на склоне бухт между мысами, поэтому можно предположить, что независимо от направления при слабых и умеренных ветрах формируется антициклональное движение придонных течений в пределах бухт. Результаты согласуются с ранее полученными выводами [29] о том, что мощный вдольбереговой поток наносов, направленный на восток, образуется в период сильных и штормовых ветров, в то время как при слабых и умеренных ветрах вдольбереговые потоки вырождаются в циркуляционные ячейки. Карта донных отложений (рис. 2) также подтверждает данную гипотезу. На выступах, отделяющих бухты, доминируют валунно-галечные отложения, что говорит об интенсивном размыве дна, тогда как в середине бухты (центре циркуляционной ячейки) происходит накопление мелкозернистых осадков.



Измерениям придонных течений вблизи высокого уступа западнее м. Таран 06.08.2012 г. предшествовал слабый ветер (2–4 м/с) западного направления. На верхней площадке уступа преобладал поток наносов на юго-восток, практически сонаправленный с поверхностным ветровым течением в связи с небольшой глубиной (около 19 м). Изменение направления придонного течения с восточного на юго-восточное, вероятно, связано с морфологией рельефа дна, так как течение устремлено в сторону уменьшения глубины (вверх по подводному береговому склону).

На нижней бровке уступа (глубина 27 м) при тех же метеоусловиях превалирует перенос в противоположную сторону на северо-запад, что говорит об отсутствии прямой зависимости с ветровым поверхностным течением. На увеличенной записи ГЛБО места постановки прибора зафиксирована глубокая вогнутость линии уступа. Такая морфологическая особенность меняет доминирующее направление течения вдоль уступа и создается циркуляция в пределах «затопленной бухты» (рис. 3).

Измерениям придонных течений 23.10.2012 г. предшествовал легкий (0–2 м/с) северо-восточный ветер. Постановка выполнена севернее предыдущих измерений на нижней бровке того же уступа (рис. 2). В точке более всего распространен перенос донных отложений на северо-восток вдоль уступа. Как и в предшествующем измерении у нижней бровки уступа наблюдалось направление переноса донных отложений практически противоположное направлению ветра.

Измерения придонных течений на высоком субаквальном уступе западнее м. Таран свидетельствуют о существовании различных литодинамических систем на верхней и нижней площадке. На верхней площадке уступа преобладает интенсивный размыв и перенос донного материала ветровым течением. На нижней площадке уступа в зависимости от силы течения предполагается наличие слабого (или отсутствие) переноса донных отложений, который у нижней кромки уступа всегда направлен вдоль уступа на северо-восток и практически не зависит от метеоусловий.

Интегральный тренд переноса донных отложений выявлен на основе изучения изменений гранулометрического состава осадка на северной части подводного берегового склона Самбийского п-ова. На разрезе, выполненном по нормали к берегу Филинской бухты, в отдельных случаях средний диаметр осадка в северном направлении увеличивается, сортировка улучшается, асимметрия становится более отрицательной (табл.). В соответствии с расчетами по методу Мак Ларена можно сделать вывод о существовании тренда переноса донных отложений в северном направлении от 10 м изобаты в сторону открытого моря. Подтверждается преимущество интенсивного размыва донных отложений на подводном береговом склоне в районе м. Таран и выноса материала в открытое море [23]. По результатам исследований донных отложений на разрезе вдоль изобаты 20 м северной части подводного берегового склона Самбийского п-ова, в отдельных случаях осадок становится тоньше, лучше сортирован, асимметрия положительнее (табл.). Таким образом, существует поток наносов вдоль берега, направленный на восток, что хорошо согласуется с представлениями [29] о преобладающем направлении вдольберегового потока наносов в восточном направлении от м. Таран к Куршской косе.



**Статистические параметры
гранулометрических распределений на разрезах**

Разрез по нормали к берегу					Разрез параллельно берегу				
Станция	Глубина, м	Ma	σ	Ka	Станция	Глубина, м	Ma	σ	Ka
Ж5-1д	10,3	0,1	2,15	-0,15	Ж6-22д	23	0,18	2,75	-0,42
Ж5-2д	12,8	0,9	1,79	-0,2	Ж5-6д	20,6	1,67	1,74	-1,02
Ж5-3д	14,8	0,79	1,64	-0,12	Ж6-24д	21	1,09	1,51	-0,44
Ж5-4д	18	0,88	1,62	-0,39	Ж6-27д	21	0,59	1,67	-0,26
Ж5-5д	20,4	1,23	1,71	-0,53	Н1-23д	21	1,02	1,59	-0,25
Ж5-6д	20,6	1,67	1,74	-1,02	Н1-26д	21	0,79	1,66	-0,39
Ж5-7д	23,5	1,52	1,6	-0,27	Н1-28д	21	0,66	1,47	-0,25
Ж5-8д	26,4	0,74	4,39	-0,99	Н1-29д	20	0,26	1,41	0,03

Заключение

По критерию максимального количества субаквальных древних береговых уступов [9] на подводном береговом склоне выбран характерный участок исследования, который охватывает северную и западную часть подводного берегового склона Самбийского п-ова в районе м. Таран (рис. 1).

Впервые по результатам обследования дна методом ГЛБО составлена электронная карта (масштаб 1:50000) затопленных древних береговых уступов, и по результатам эхолотного промера выявлены их геоморфологические особенности. На характерном участке обнаружено большее количество субаквальных уступов, чем было известно ранее. По форме субаквальные клифы разделены на выровненные и ступенчатые, по высоте – на низкие (0,5–4 м) и высокие (4–10 м).

Также для берегового склона северного побережья Самбийского п-ова составлена литологическая карта масштаба 1:50000. Данный участок характеризуется «пятнистым» распределением поверхностных донных отложений, что свидетельствует о существовании сложной системы течений и потоков наносов. Высокие уступы – граница литодинамических обстановок, где на верхней площадке происходит размыв донных отложений, тогда как на нижней их накопление. Низкие уступы не препятствуют выносу осадочного материала далее по склону и не способствуют его накоплению у нижней бровки, как это наблюдается у высоких уступов.

Установлены литодинамические особенности в зависимости от метеорологических параметров. Перенос осадочного вещества на нижней площадке наиболее высокого уступа относительно слабый, не зависит от метеопараметров и ориентирован на северо-восток вдоль нижней кромки уступа. Перенос донных отложений на верхней площадке уступа более интенсивный и сонаправлен с поверхностным ветровым течением.

Впервые интегральный тренд потока наносов в исследуемой акватории определен на основе статистических характеристик гранулометрических распределений донных отложений на двух разрезах методом Мак Ларена. На разрезе перпендикулярно берегу Филинской бухты выявлен тренд переноса донных отложений в северном направлении от 10 м изобаты в сторону открытого моря. Интегральный поток наносов вдоль северного побережья Самбийского п-ова на глубине около 20 м ориентирован на восток.



В дальнейшем предполагается расширить границы участка с целью полного картирования субаквальных береговых уступов и детального литологического картирования с дополнительным отбором проб донных отложений для уточнения схемы трендов потоков наноса по методу Мак Ларена и литологической интерпретации записей ГЛБО.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ 12-05-31199, 11-05-01093, 13-05-90723, 13-05-90722 и Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», проект 13-05-41374-РГО_а.

Список литературы

1. Bird E. Coastal Geomorphology: An Introduction. Second Edition. Wiley. 2008.
2. Гуделис В.К., Лукошевичус Л.С., Клейменова Г.И. и др. Геоморфология и позднее-последледниковые донные отложения Юго-Восточной Балтики // Baltica. Vilnius, 1977. Vol. 6. P. 245–256.
3. Гялумбаускайте Ж. Методика и результаты исследования деформаций древнебереговых уровней юго-восточной части Балтийского моря // Baltica. Vilnius, 1982. Vol. 7. P. 95–104.
4. Блажчишин А.И., Болдырев В.Л., Ефимов А.Н. и др. Древнебереговые уровни и образования в юго-восточной части Балтийского моря // Там же. P. 57–64.
5. Блажчишин А.И. Палеогеография и эволюция позднечетвертичного осадконакопления в Балтийском море. Калининград, 1998.
6. Харин Г.С. Древние береговые линии и уступы на дне Гданьского залива и Центральной Балтики / Процессы осадконакопления в Гданьском бассейне (Балтийское море) / отв. ред. Е.М. Емельянов, К. Выпых. М., 1987. С. 25–29.
7. Emelianov E.M., Romanova E.A. Paleogeography of the Gdansk Basin in post-glacial period and bottom sediments / Emelianov E.M. (ed.), Geology of the Gdansk Basin, Baltic Sea. Kaliningrad, 2002. P. 406–423.
8. Uscinowicz S. Relative sea level changes, glacio-isostatic rebound and shoreline displacement in the southern Baltic // Polish Geological Institute Special Papers. 2003. Vol. 10.
9. Sivkov V., Dorokhov D., Ulyanova M. Submerged Holocene Wave-Cut Cliffs in the South-eastern Part of the Baltic Sea: Reinterpretation Based on Recent Bathymetrical Data. Heidelberg, 2011. P. 203–217.
10. Christiansen C., Edelvang K., Emeis K. et al. Material transport from the near-shore to the basinal environment in the southern Baltic Sea: I. Processes and mass estimates // Journal of Marine Systems. 2002. Vol. 35, № 3–4. P. 133–150.
11. Jönsson A., Danielsson A., Rahm L. Bottom type distribution based on wave friction velocity in the Baltic Sea // Continental Shelf Research. 2005. Vol. 25, 3. P. 419–435.
12. Айбулатов Н.А., Долотов Ю.С., Орлова Г.А. и др. Некоторые черты динамики отмелого песчаного берега // Исследования гидро- и морфо-динамических процессов береговой зоны моря. М., 1966. С. 38–103.
13. Бойнагрян В.Р. Особенности литологии поверхностных осадков подводного берегового склона юго-восточной части Балтийского моря // Океанология. 1968. Т. 8, вып. 6. С. 1036–1048.
14. Геология Балтийского моря / под ред. В.К. Гуделиса, Е.М. Емельянова. Вильнюс, 1976.
15. Осадкообразование в Балтийском море / под ред. А.П. Лисицына, Е.М. Емельянова. М., 1981.
16. Геология и геоморфология Балтийского моря. Сводная объяснительная записка к геологическим картам масштаба 1:500000 / под ред. А.А. Григялиса. Л., 1991.



17. Болдырев В.Л. Побережье Калининградской области // Изученность природных ресурсов Калининградской области : записки Калининградского отделения Географического общества СССР. Л., 1972. Вып. 1. С. 34–39.

18. Болдырев В.Л., Гуделис В.К., Кнапс Р.Я. Потоки песчаных наносов юго-восточной Балтики // Исследования динамики рельефа морских побережий. М., 1979. С. 14–18.

19. Жиндарев Л.А. Динамика и развитие расчлененных песчаных побережий внутренних бесприливных морей : автореф. дис. ... д-ра. геогр. наук. М., 1997.

20. Жиндарев Л.А., Хабидов А.Ш., Тризно А.К. Динамика песчаных берегов морей и внутренних водоемов // под ред. П.А. Каплина. Новосибирск, 1998.

21. Бабаков А.Н. Пространственно-временная структура течений и миграций наносов в береговой зоне Юго-Восточной Балтики (Самбийский п-ов и Куршская коса) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2003.

22. *Geology of the Gdansk Basin. Baltic Sea* / ed. E.M. Emelyanov. Kaliningrad, 2002.

23. *Атлас геологических и эколого-геологических карт российского сектора Балтийского моря* / гл. ред. О.В. Петров. СПб., 2010.

24. Wentworth C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments // *J. Geology*. 1922. Vol. 30. P. 377–392.

25. Krumbein W.C. Size frequency distribution of sediments // *J. Sediment. Petrol.* 1934. Vol. 4. P. 65–77.

26. Folk R.L., Ward W.C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters // *Journal of Sedimentary Petrology*. 1957. Vol. 27. P. 3–26.

27. McLaren P., Bowles D. The effects of sediment transport on grain-size distributions // *Journal of Sedimentary Petrology*, 1985. Vol. 55, № 4, P. 0457–0470.

28. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. М., 1962.

29. Бабаков А.Н. Динамика осадочного вещества в береговой зоне моря // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Калининград, 2012. Т. 2 : Море. С. 276–291.

Об авторах

Дорохов Дмитрий Владимирович — начальник отд. науч. оборудования и информационных технологий, науч. сотр., Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, инженер, Балтийский федеральный университет им. И. Канта.

E-mail: d_dorohov@mail.ru

Дорохова Евгения Валерьевна — мл. науч. сотр., Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

E-mail: jesik123@yahoo.com

About the authors

Dmitry Dorokhov, Head of the Department of Research Equipment and Information Technology, Research Fellow, Atlantic Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences; Engineer, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: d_dorohov@mail.ru

Yevgenia Dorokhova, Junior Research Fellow, Atlantic Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences.

E-mail: jesik123@yahoo.com