

УДК 551.35 (262.81)

В.М. Сорокин¹, А.Г. Росляков²

СТРОЕНИЕ И СОСТАВ ОСАДОЧНЫХ ВОЛН В СРЕДНЕМ КАСПИИ³

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет.
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1*

Moscow State University, Faculty of Geology. 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1

Комплексное геолого-геофизическое исследование волнообразных аккумулятивных тел на континентальном склоне Каспийского моря выполнено с целью определения их генезиса. В результате выявлено закономерное изменение геометрии слоев и состава осадков на разных морфологических элементах волн, выразившееся в их текстурных и структурных признаках и аналогичное описанным в литературе примерам для областей развития осадочных волн. Полученные нами данные позволяют интерпретировать изученные аккумулятивные образования как осадочные волны.

Ключевые слова: осадочные волны, сейсмоакустическое профилирование, литологический состав, позднечетвертичный возраст, Каспийское море.

A comprehensive geological and geophysical study of wave-like accumulative bodies on the continental slope of the Caspian Sea was carried out to determine their genesis. As a result, a regular change in the geometry of the layers and the composition of sediments on different morphological elements of waves were revealed, expressed in their textural and structural features, similar to the examples described in the literature for the regions of development of sedimentary waves.

Key words: sedimentary waves, seismic-acoustic profiling, lithological composition, late quaternary, Caspian Sea.

Введение. Проблема строения, распространения и генезиса осадочных волн на дне океанов и морей обсуждается в научной литературе более трех десятилетий. Подробная сводка истории и современного состояния проблемы изложена в публикации [Wynn, Stow, 2002]. По мнению этих авторов, к осадочным волнам относятся крупные волнообразные аккумулятивные формы на дне морей и океанов, возникшие в результате действия мутьевых (турбидитовых) потоков. Их длина изменяется от нескольких десятков метров до нескольких километров, а высота — от нескольких метров до нескольких десятков метров. К главным отличительным особенностям осадочных волн относятся: активная миграция в направлении против наносонесущего потока или вверх по склону, непрерывное прослеживание сейсмических отражающих горизонтов через серию волн, уменьшение размеров и мощности вниз по склону и по направлению потока, различия в мощности и размерности материала на флангах (выше и ниже по склону/течению), линейность расположения в плане с различной степенью извилистости и/или бифуркации.

Осадочные волны выявлены по результатам сейсмоакустических исследований в разных рай-

онах океанов [Cartigny et al., 2011; Damuth, 1979; Ercilla et al., 2002; Flood, Shor, 1988; Gonthier et al., 2002; Howe, 1996; Jacobi et al., 1975; Nakajima, Satoh, 2001; Winn et al., 2000], в Средиземном море [Berndt et al., 2006; Migeon et al., 2001; Trincardi, Normark, 1988]. В Черном море, по нашим данным, наличие осадочных волн предполагается по результатам эхолотных промеров у подножия континентального склона на юг от п-ова Крым (на Ялтинском глубоководном конусе выноса) и на запад от Кавказа (на глубоководном конусе выноса р. Шахэ). В последнее время масштабное развитие осадочных волн установлено у подножия континентального склона на востоке от Болгарии и на юго-западе от Новороссийска.

В 1980-е и 2005–2007 гг. сотрудниками геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и Института океанологии РАН имени П.П. Ширшова проведено несколько морских экспедиций на научно-исследовательских судах (НИС) «Эксперимент» (МГУ) и «Рифт», охвативших прилегающий к Дербенту участок Среднего Каспия [Росляков et al., 2009; Levchenko, Roslyakov, 2007]. В результате в четвертичной осадочной толще впервые для Каспийского моря на западном склоне Дербентской котловины вы-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, профессор; *e-mail:* sorokin@geol.msu.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова геологический факультет, кафедра нефтегазовой седиментологии и морской геологии, науч. с.; *e-mail:* arosl@rambler.ru

³ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект № 18-05-00684).

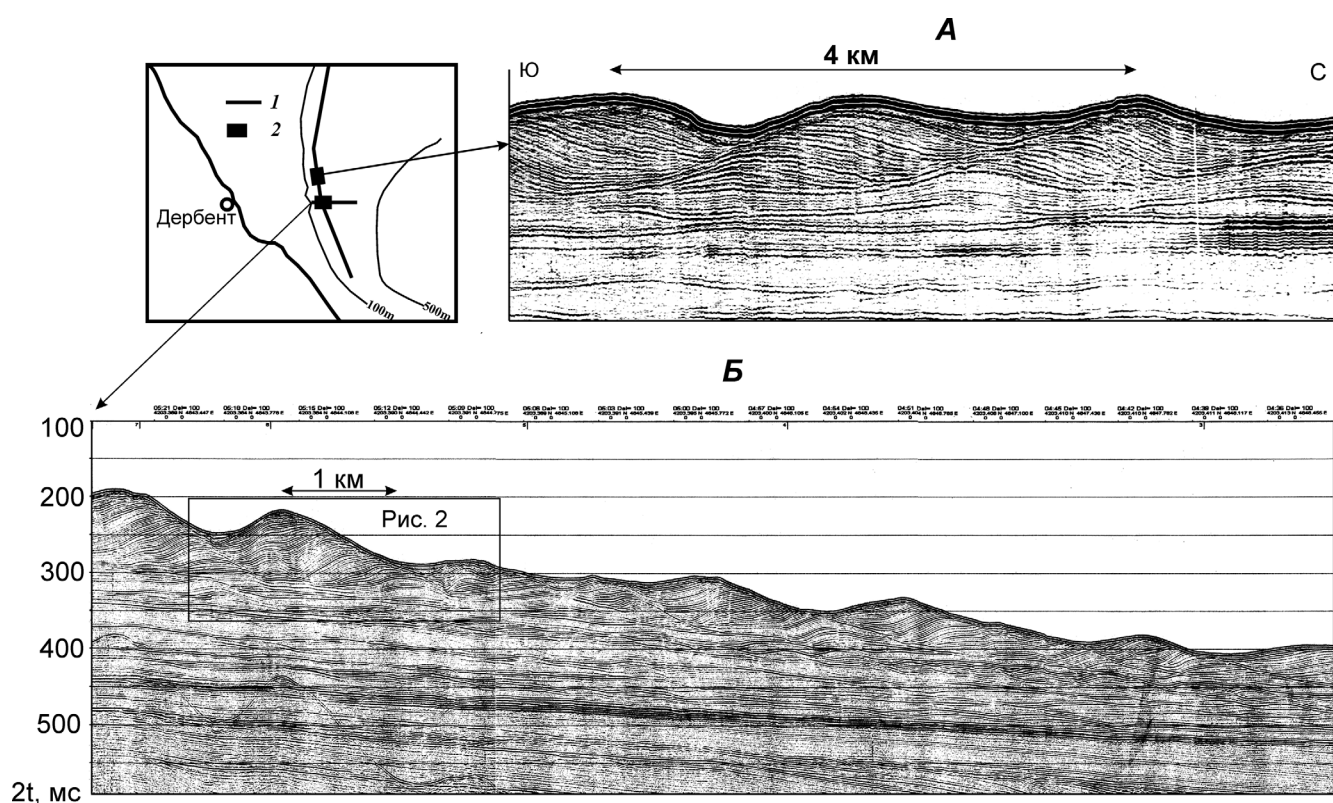


Рис. 1. Высокоразрешающие НСП, выполненные с источником «спаркер» на дербентском участке развития осадочных волн: А — вдоль склона, Б — поперек склона; 1 — положение профилей, 2 — фрагменты профилей

явлены и описаны характерные волнообразные аккумулятивные формы высотой до 40 м и длиной 0,5–1,5 км, осложняющие рельеф верхней части континентального склона. Установлено, что формирование этих форм со сложной и вместе с тем с чрезвычайно упорядоченной внутренней структурой нельзя объяснить процессом подводного оползания осадков. Было выдвинуто предположение, что эти формы следует классифицировать как осадочные волны, образование которых объясняется дифференцированным осаждением материала из многократно повторявшихся плотностных (возможно, турбидитовых) потоков. В 2009 г. (рейс НИС «Рифт») на северном склоне Апшеронского порога выявлен новый участок развития осадочных волн.

В статье рассмотрены новые данные высокоразрешающего сейсмоакустического профилирования (НСП) и гидролокации бокового обзора из области развития осадочных волн в Каспийском море, не публиковавшиеся ранее. Поскольку к важным признакам осадочных волн относятся состав и свойства слагающих их осадков, постольку особое внимание было уделено изучению текстурных и структурных особенностей разрезов верхнечетвертичных отложений с разных элементов волн для идентификации этих аккумулятивных образований.

Материалы и методы исследований. Детальное изучение морфологии и структуры осадочных

волн на Дербентском участке склона и на северном склоне Апшеронского порога выполнено с помощью НСП с высоким разрешением. Сейсмоакустические исследования проводились в двух модификациях: низкочастотной с источником «спаркер» и высокочастотной с использованием параметрического узколучевого профилографа «SES» и профилографа «Chirp». В первом случае достигнута глубинность по грунту около 250 м при вертикальной разрешающей способности 1,5–2 м. Во втором варианте глубинность не превышала 15 м, однако разрешающая способность составляла 30–50 см.

После предварительной интерпретации сейсмоакустических данных были выбраны точки для отбора проб донных осадков. При этом в качестве приоритетных рассматривались места с сокращенной мощностью придонного осадочного слоя, перекрывающего осадочные волны и имеющего предположительно иной генезис (покровно-облекающие морские голоценовые осадки). В Дербентском районе с разных морфологических элементов двух смежных волн ударной грунтовой трубкой отобрано 5 колонок осадков длиной до 3 м. На склоне Апшеронского порога получена одна колонка длиной 5 м.

Литологическое изучение осадков включало детальное описание разрезов и образцов в естественном и подсушенном состоянии, водно-механический гранулометрический анализ, микро-

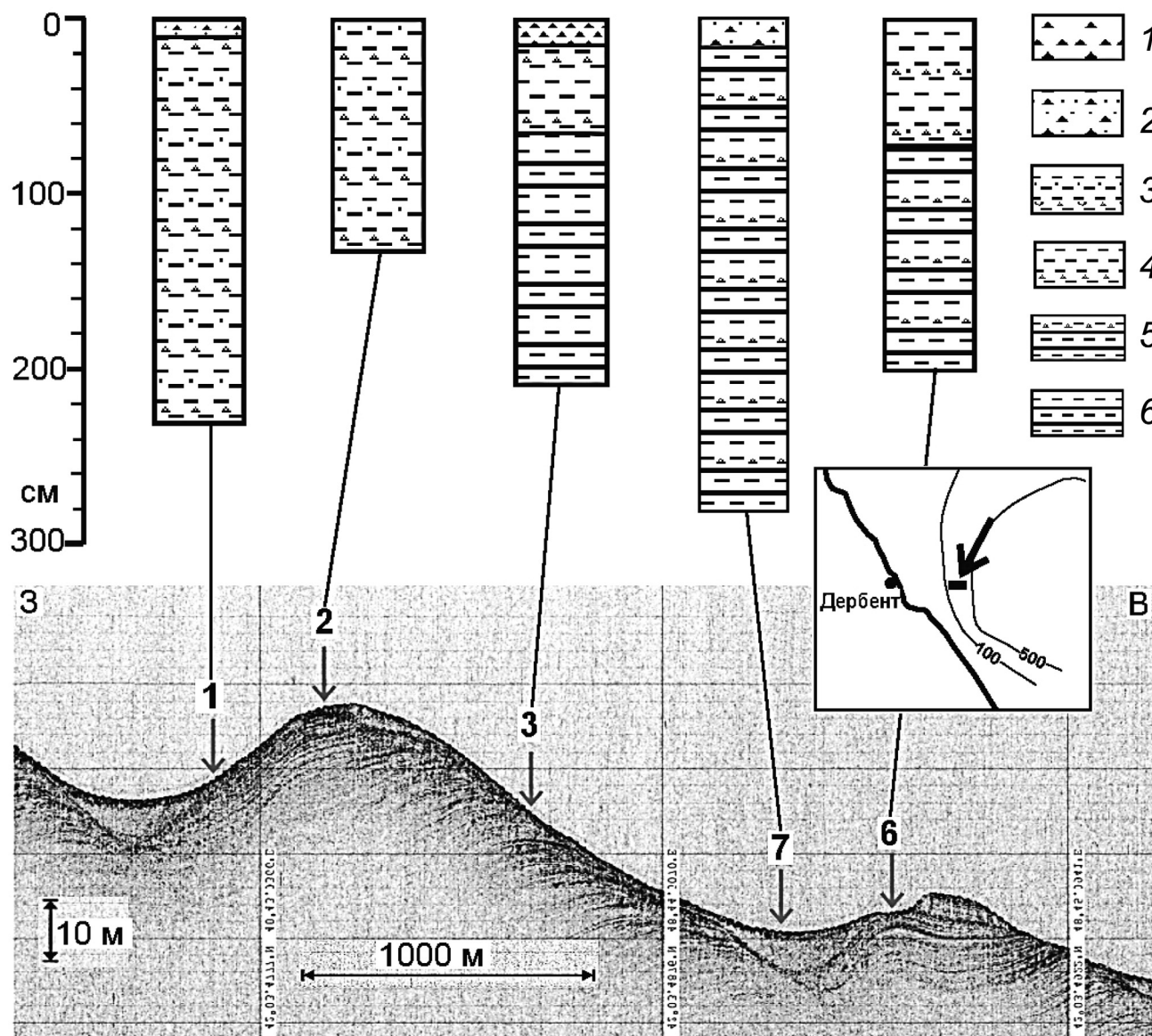


Рис. 2. Фрагмент профиля, выполненного профилографом через детально изученные смежные осадочные волны, с точками отбора колонок осадков и их литологической характеристикой: 1 — раковины и раковинный детрит; 2 — то же с песчаным заполнителем; 3 — ил с прослоями песка, алеврита и раковин; 4 — ил с прослоями раковинного материала; 5 — ил с прослоями раковин и гидротроилита; 6 — ил с прослоями гидротроилита

скопическое изучение. Плотность осадков на сдвиг изучена крыльчаткой.

Краткая характеристика района. Каспийское море — крупный внутриконтинентальный водоем, перекрывающий в направлении с севера на юг тектонические структуры Прикаспийской впадины, Скифско-Туранской эпигерцинской платформы и альпийских сооружений Кавказа, Эльбурса и Западной Туркмении. Изученные участки дна Среднего Каспия находятся в пределах восточной части альпийского мегантиклинория Большого Кавказа на структурах складчатого борта Терско-Каспийского передового прогиба, занимающего самую западную часть Дербентской котловины и включающего в себя Терско-Сулакскую и Северо-Апшеронскую впадины, разделенные Дербентским

выступом. В геоморфологическом плане на Дербентском участке шельф узкий (10 км), верхняя часть континентального склона до глубины 400 м более пологая, широкая и расчлененная (именно здесь развиты осадочные волны), чем более крутая, эрозионная и выровненная его нижняя часть. Южнее Дербента в море впадают реки, стекающие с горного хребта. На Апшеронском участке шельф расширяется до 50 км и на глубине около 100 м переходит в пологий склон Апшеронского порога, соединяющего структуры Большого Кавказа и Большого Балхана в Туркмении.

Водная масса Среднего Каспия охвачена постоянной системой поверхностных течений, направленных с севера на юг вдоль шельфа и верхней части склона параллельно берегу в районе

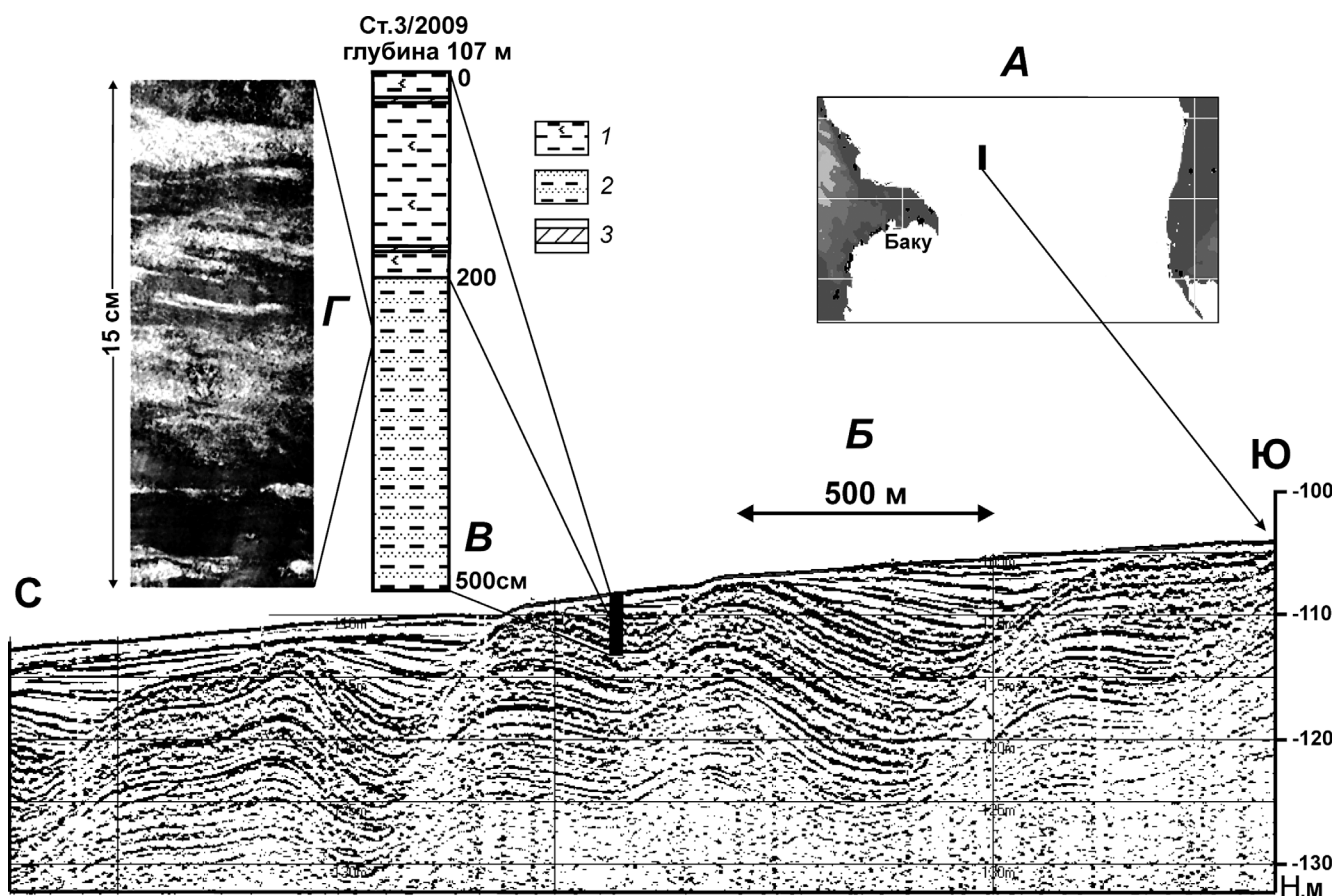


Рис. 3. Местоположение (А) и фрагмент сейсмического профиля (Б) с осадочными волнами на северном склоне Апшеронского порога с положением разреза, вскрытого грунтовой трубкой (В); Г — фото участка колонки с нерегулярным переслаиванием глинистого ила (темные полосы) и песчано-алевритового материала (светлые полосы); 1 — ил с редкими включениями раковин; 2 — переслаивание ила и песчано-алевритового материал; 3 — прослои из раковин

Дербента и южнее, а также и от берега к центральной области моря севернее Апшеронского участка. Можно предположить, что в этом направлении действуют и глубинные течения. В целом перенос осадочного материала осуществляется течениями с севера на юг вдоль вектора их распространения.

Результаты исследований и их обсуждение.

Морфология и структура волн. Как отмечено выше, нами изучены две области развития осадочных волн в Среднем Каспии: верхняя часть западного континентального склона Дербентской котловины на широте Дербента и верхняя часть северного склона Апшеронского порога (рис. 1–3). В результате интерпретации сейсмоакустических данных для Дербентского участка была околтурена область распространения осадочных волн и установлены следующие особенности строения верхней части разреза [Levchenko, Roslyakov, 2007].

Максимальная мощность и выраженность осадочных волн, в том числе в современном рельефе дна, наблюдаются вблизи бровки шельфа. Здесь суммарная мощность залегающих одна на другой нескольких генераций осадочных волн достигает 250 м. Вниз по склону она уменьшается, как и высота волн, и на глубине около 400 м осадочные

волны выклиниваются. Здесь наблюдается резкий перегиб поверхности склона от относительно пологой верхней части, осложненной осадочными волнами, к более крутой нижней части.

На рис. 1 приведены фрагменты сейсмоакустических профилей в разных частотных диапазонах по простиранию (А) и вкрест (Б) простирания осадочных волн. В обоих случаях на профилях наблюдается типичная для осадочных волн сейсмическая запись типа «бегущая волна» с характерной асимметрией: более пологие границы на флангах волн, обращенных вверх по склону, и более крутые на противоположных флангах. Хорошо видна и миграция вершин волн при переходе от каждого нижележащего к вышележащему слою. На профилях, ориентированных по простиранию склона (и осадочных волн), наблюдаются наиболее пологие границы.

На большей площади распространения осадочные волны покрыты плащеобразно залегающим слоем придонных осадков со средней мощностью около 2–3 м, которая в верхней части склона возрастает и во впадинах между волнами может достигать 7–10 м. По мере приближения к перегибу склона (на глубине около 400 м) мощность слоя

сокращается до 0,5–1 м. По внутренней структуре слой существенно отличается от нижележащих осадочных волн и, очевидно, генетически с ними не связан. Как правило, слой выражен несколькими непрерывными, протяженными и субпараллельными дну отражающими горизонтами низкой интенсивности. В некоторых местах, особенно при заполнении впадин нижележащего рельефа, наблюдается почти акустически прозрачная волновая картина. На многих участках, особенно на глубине более 300 м, отчетливо видно угловое несогласие между подошвой слоя и нижележащими отложениями. Характер залегания и особенности проявления на временных разрезах позволяют отождествить этот слой с отложениями новокаспийской (голоценовой) трансгрессии.

Изученные нами две смежные осадочные волны отчетливо выражены в рельефе дна (рис. 2). Перепад глубин между вершиной волны, расположенной выше по склону, и впадиной между волнами составляет около 50 м. По форме обе волны представляют собой обособленные валобразные поднятия, линейно вытянутые в меридиональном направлении, т.е. приблизительно вдоль бровки шельфа. В рельефе дна отчетливо видны следы подводного размыва. Особенно сильно эродирована нижняя по склону волна. Предположение об этом подтверждается данными локации бокового обзора, свидетельствующими о наличии отчетливых следов воздействия на дно придонных течений, а также возрастом осадков в колонке б на глубине около 60 см от поверхности дна, измеренным AMS ^{14}C -методом в Ливерморской национальной лаборатории имени Э. Лоуренса в США (Lawrence Livermore National Laboratory, USA) и равным $18\,550 \pm 60$ лет. Экстраполяция этого возрастного уровня на расположенную выше по склону «целую» соседнюю волну позволяет определить, что скорость ее роста составляет около 2–3 мм/год. Примечательно, что, судя по особенностям рельефа, подводной эрозии наиболее подвержены возвышенные участки дна, т.е. гребни осадочных волн. Признаки активной эрозии неоднократно отмечены и за пределами полигона на смежных участках дна акватории.

Важная особенность строения разреза — наличие во впадинах между волнами придонной пачки неслоистых осадков. На сейсмических записях они представлены или очень короткими бугристыми (в некоторых местах хаотическими) отражениями малой амплитуды или акустически прозрачной картиной. На высокочастотных профилях видно, что маломощные фрагменты подобной пачки залегают и на склонах волн, и даже вблизи вершины западной волны (рис. 2).

Близкими чертами строения характеризуются осадочные волны на северном склоне Апше-

ронского порога (рис. 3). Однако, в отличие от предыдущего района, дно моря здесь ровное, со слабым уклоном на север; осадочные волны почти не выражены в рельефе дна. Длина осадочных волн здесь составляет около 500 м, высота — 5–10 м. Им также свойственна слоистая структура, причем мощность составляющих слоев больше на южных флангах волн и меньше — на северных. Непосредственно под дном в районе изученной станции залегает субгоризонтальный слой толщиной около 0,5 м. Севернее мощность постепенно возрастает и в 1 км от станции составляет 2 м. Этот слой с несогласием перекрывает наклонные границы, образующие осадочные волны. Еще одна четко выраженная поверхность несогласия фиксируется в районе станции на глубине около 2 м. Она имеет волнистую форму и либо представляет собой кровлю всего комплекса осадочных волн, либо разделяет две генерации волн, верхняя из которых была впоследствии почти полностью размыва и сохранилась лишь во впадинах.

Характеристика отложений осадочных волн. Важным доводом в пользу отнесения выявляемых по сейсмоакустическим данным аккумулятивных образований к осадочным волнам служат особенности строения и состава слагающих их отложений. Так, по литературным данным осадочные волны представляют собой ритмичное чередование более тонкозернистых и более грубозернистых слоев, что отражает динамику поступления и отложения осадочного материала.

Литологические особенности отложений, слагающих осадочные волны, изучены нами в разрезах 5 колонок для Дербентского участка и в одной колонке для Апшеронского участка (рис. 2, 3). Полученные данные свидетельствуют о закономерном изменении строения разрезов, что отражено в гранулометрическом составе, текстуре и свойствах вскрытых позднечетвертичных осадков.

На Дербентском участке две колонки расположены на вершинах смежных волн, две колонки — во впадинах между волнами и одна колонка — на внешнем склоне волны (рис. 2). В изученных ранее нормально стратифицированных разрезах глубоководных отложений Среднего Каспия сверху залегают зеленовато-серые и серые, неплотные, в разной степени карбонатные осадки новокаспийского возраста (0–8 тыс. лет). Ниже они с постепенным переходом сменяются сначала известковыми мангышлакскими, а затем верхнехвалынскими светло-коричневыми более плотными илами с линзами, полосами и прослоями черного гидротроилита [Лопатина и др., 1996].

По данным гранулометрического анализа вскрытые осадки осадочных волн относятся преимущественно к категории песчаных илов и илов (рис. 4, А).

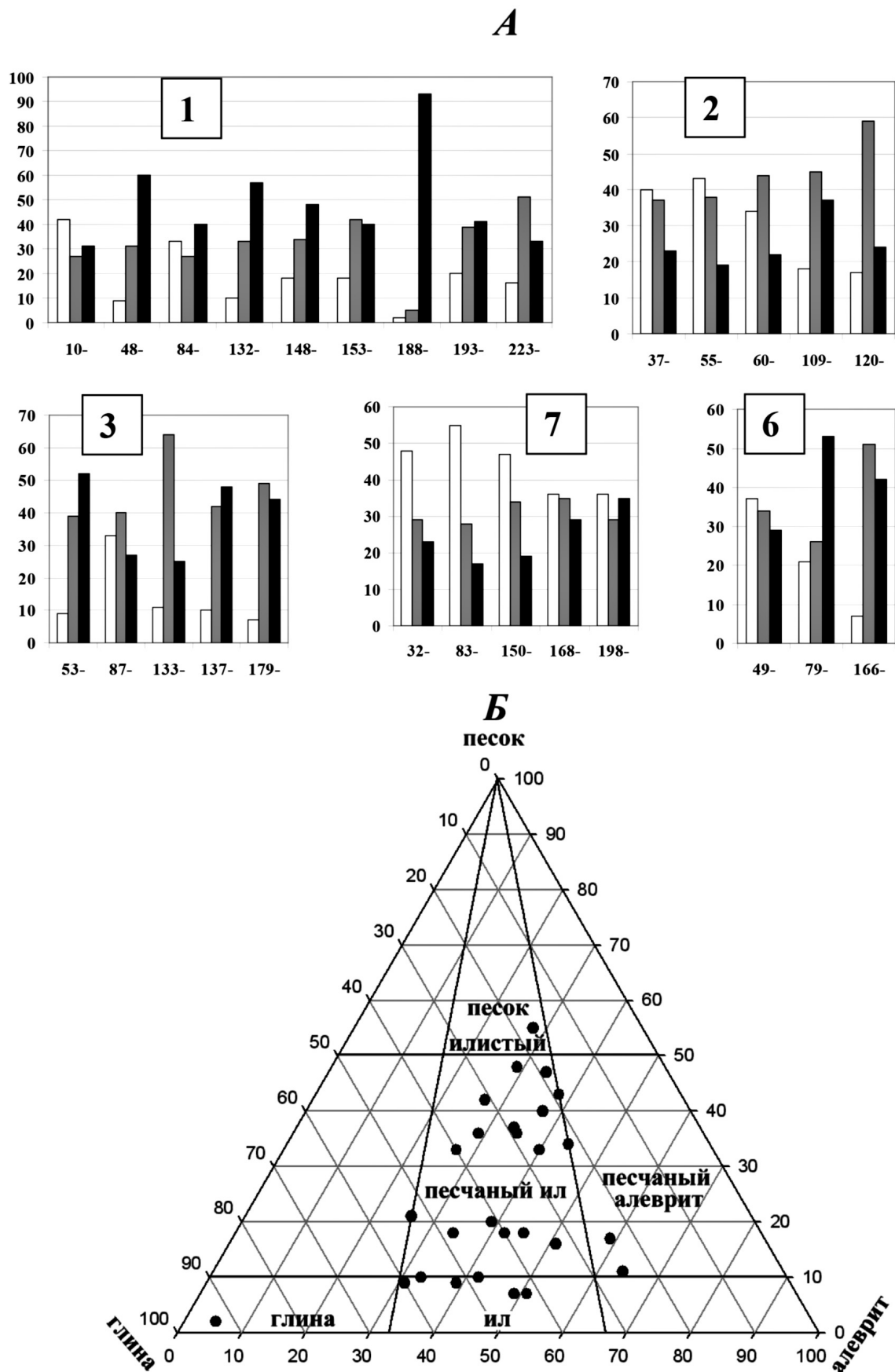


Рис. 4. Столчатые гистограммы гранулометрического состава (А) и треугольная диаграмма гранулометрических типов осадков (Б), по [Фолк, 1954]

Белое — фракция >0,05 мм, серое — фракция 0,05–0,005 мм, черное — фракция < 0,005 мм; по оси ординат — содержание фракций в %, по оси абсцисс — интервалы разреза в см. Цифры в квадратах — номера колонок (см. рис. 1)

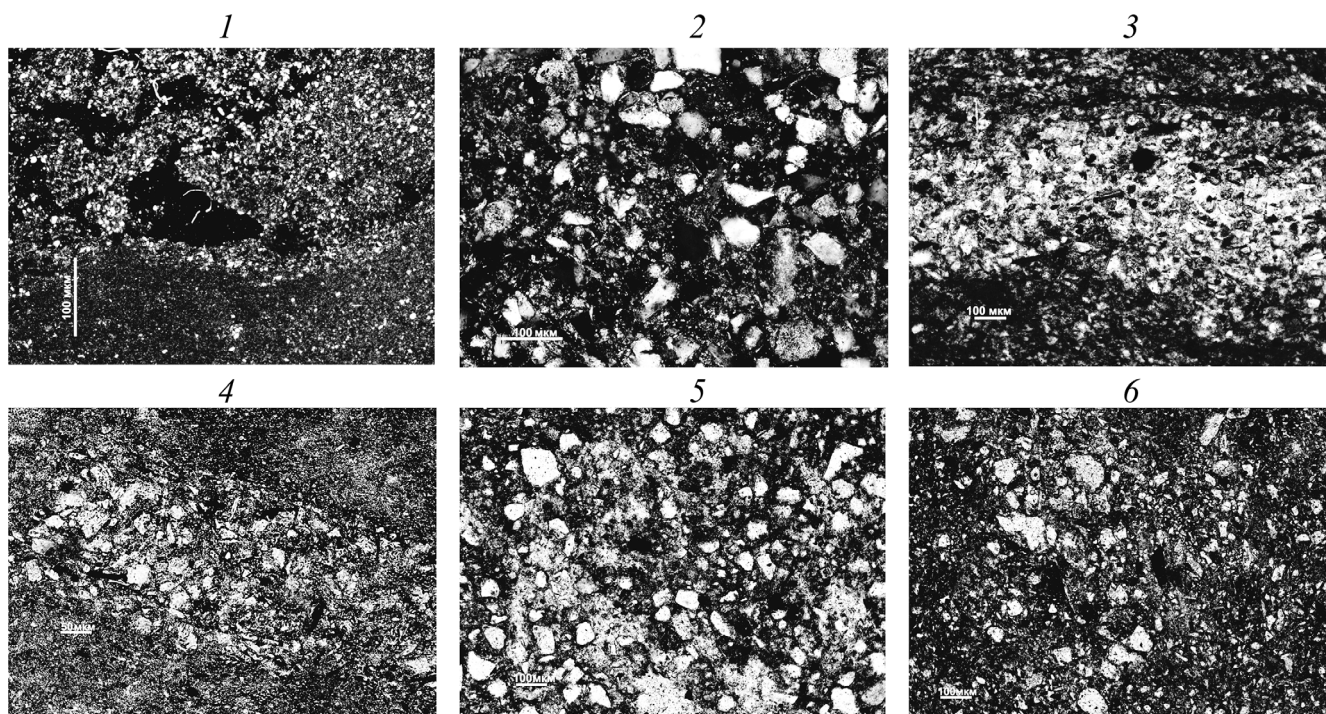


Рис. 5. Фото шлифов осадков: 1 — точка 1, глинистые и песчано-алевритовые прослои; 2 — точка 1, деталь песчано-алевритового прослоя; 3 — точка 2, песчано-алевритовый прослой в глинистом матриксе; 4 — точка 3, песчано-алевритовый прослой в глинистом матриксе; 5 — точка 7, деталь песчано-алевритового прослоя; 6 — точка 6, скопление песчаных частиц в глинистом иле

В точке 1, расположенной в нижней части внутреннего склона верхней волны, в разрезе мощностью 230 см верхние 10 см сложены ракушняком с примесью ила, состоящим преимущественно из мелких раковин *Dreissena gostriformis*. Под ним вскрыта толща уплотняющегося к низу сначала серого (новокаспийского) малопрочного (прочность на сдвиг 3 мПа) ила с включениями мелких раковин. Ниже залегает светло-коричневый ил с тонкими линзами и слойками толщиной до 5 мм, обогащенными песчано-алевритовым материалом и раковинным детритом, прочность на сдвиг которого постепенно увеличивается от 3 до 10 мПа. На гистограмме гранулометрического состава видно чередование слоев с преобладанием как песчано-алевритовых, так и глинистых частиц (рис. 4, Б). При микроскопическом изучении также фиксируется тонкое переслаивание глинистого и более крупного материала (рис. 5, 1 и 2).

На вершине волны в точке 2, судя по высоким значениям прочности (>7 мПа), новокаспийские осадки отсутствуют, за исключением 1,5 см обводненного поверхностного слоя. Остальная часть разреза представлена плотным илом светло-коричневого цвета, в котором встречаются миллиметровые слойки и линзы песчано-алевритового материала, а также редкие мелкие фрагменты раковин. В гранулометрическом составе осадков также преобладает мелкий песчано-алевритовый материал, а в его составе — тонкий песок и крупный алеврит

с меньшей (по сравнению с точкой 1) долей глинистых частиц. При микроскопическом изучении хорошо видно тонкое переслаивание глинистого и более крупнозернистого материала (рис. 5, 3).

В середине внешнего склона волны (точка 3) в верхней части разреза (интервал 0–14 см) залегает раковинный материал с примесью ила (рис. 6, А). Под ним расположена толща довольно прочного и плотного серовато-коричневого ила с пятнисто-полосчатой текстурой за счет черного гидротроилита. В толще встречаются маломощные интервалы с тонкими слойками алеврита и раковинного детрита. При этом в гранулометрическом составе, так же, как в точке 2, чередуются участки с суммарным преобладанием песка и алеврита и участки с повышенным (большим, чем в точке 2) содержанием глинистого материала. Подобная закономерность отмечена и на микроуровне (рис. 5, 4).

В ложбине между двумя смежными волнами (точка 7) под 17-сантиметровым слоем ила с раковинами и раковинным детритом залегает толща уплотняющегося к низу ила сначала зеленовато-серого, а затем светло-коричневого цвета. Текстура осадка полосчатая за счет наличия прослоев гидротроилита толщиной до 2 см. В осадке присутствуют редкие мелкие раковины моллюсков. При визуальном наблюдении прослой грубозернистого материала не зафиксированы, за исключением интервала 150–153 см, в котором отмечена существенная примесь алеврита и рако-

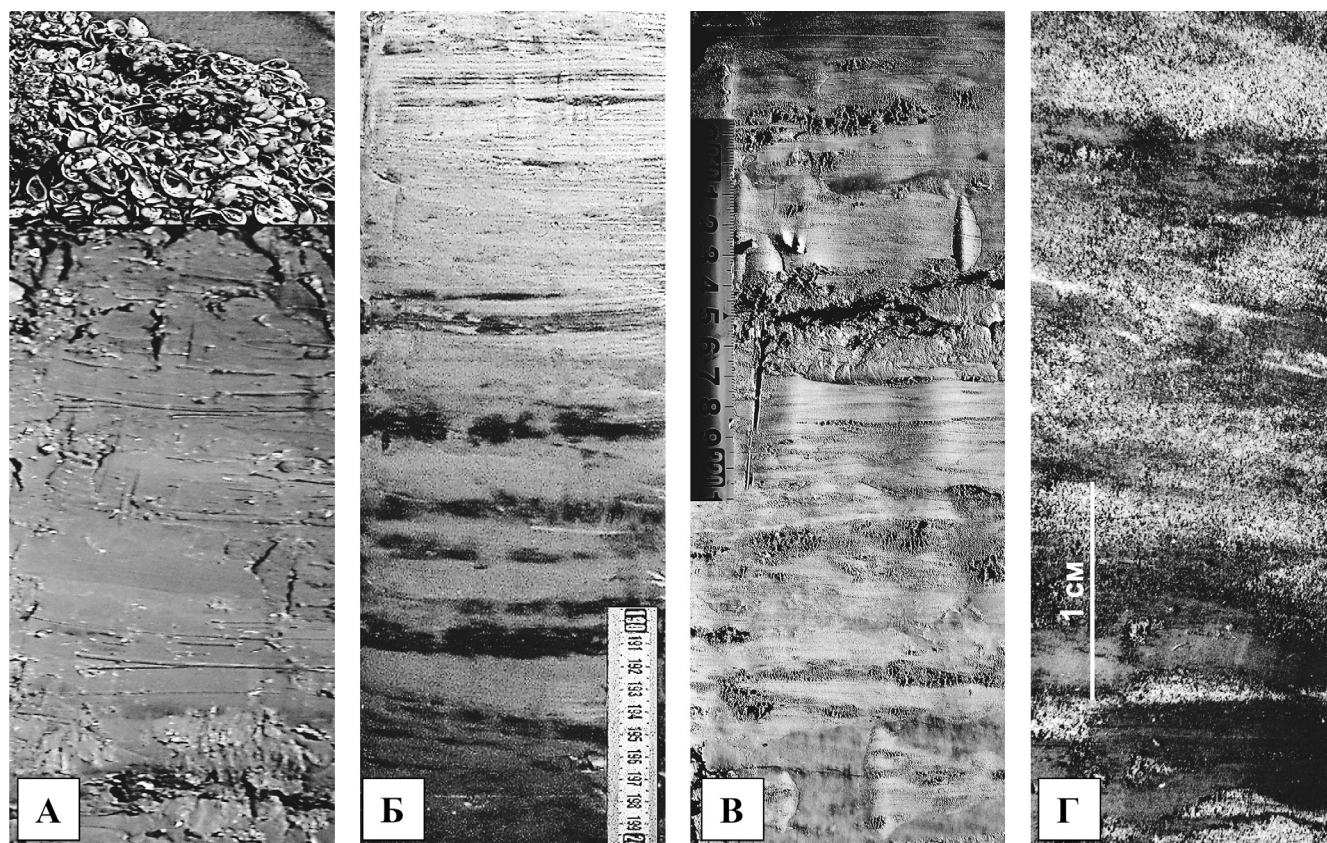


Рис. 6. Фото фрагментов колонок: А — верхняя часть колонки 3/2007 со слоем раковин сверху; Б — средняя часть колонки 6/2007 с прослоями гидротроилита (черные полосы) в коричневом иле; В, Г — чередование глинистых (светлые полосы на фото В и темные полосы на фото Г) и песчано-алевритовых прослоев в разрезе колонки 3/2009

винного детрита. Прочность осадков постепенно возрастает от 0,5 мПа на уровне 35 см до 6 мПа на глубине 110 см. В гранулометрическом составе почти во всех изученных пробах преобладает мелко-тонкопесчаный материал, присутствует и крупноалевритовый материал. При микроскопических исследованиях в интервалах, расположенных между пробами гранулометрического анализа, структура осадков алевритово-глинистая или глинистая. Однако в толще отмечены микролинзы и микрослойки, обогащенные песком и алевритом, т.е. осадкам свойственна микрослоистая текстура (рис. 5,5).

Точка 6 расположена в привершинной части следующей сильноэродированной волны, в результате чего обнажаются ее внутренние наиболее древние слои. Разрез осадков сложен наиболее плотным и прочным (9–12 мПа) илом светло-коричневого цвета, в гранулометрическом составе которого преобладает, чередуясь, песчано-алевритовый или глинистый материал с высоким содержанием песчано-алевритовых частиц. Полосчатая текстура подчеркнута наличием 1–1,5-сантиметровых прослоев гидротроилита (рис. 6, Б). В толще ила видны более крупные (до 5 мм) слои, состоящие из алеврита с раковинным детритом, а также более тонкие линзы и слойки

алеврита. Микрослоистая текстура в шлифах образована присутствием в тонком глинистом иле нечетких слойков и линз, сложенных алевритом и песком (рис. 5,6).

В разрезе колонки, взятой из ложбины между осадочными волнами на склоне Апшеронского порога и вскрывшей собственно их отложения, верхние 2–3 м сложены уплотняющимся книзу серым и коричневато-серым илом с редкими раковинными прослоями, а также с прослоями и линзами алевропеска и гидротроилита. Нижние 2 м колонки представляют собой нерегулярное переслаивание участков более тонкого пелитового ила и разных по мощности слоев песка и алеврита (рис. 6, В, Г) с редкой примесью гидротроилита. При этом характер переслаивания и насыщенность грубозернистым материалом проявлены гораздо ярче, чем в колонках с Дербентского участка.

Выполненный анализ морфологии и строения волнообразных аккумулятивных тел, а также литологический состав слагающих отложений убедительно свидетельствуют в пользу их отнесения к категории осадочных волн.

Их морфология аналогична морфологии осадочных волн из других районов океанов и морей [Wynn, Stow, 2002]. Это выражается в выявленных по сейсмическим записям линейных размерах и

их уменьшении с увеличением глубины моря на Дербентском участке, асимметричном строении, миграции вершин волн вверх по склону, ритмичной слоистой структуре. При этом мощность слоев уменьшается с «навстречного» склона волны в сторону «подветренного» склона, т.е. в направлении распространения наносонесущего потока.

Отличительная черта изученных осадочных волн — воздействие на их строение и структуру эрозионных процессов, что наглядно проявлено на Дербентском участке. Здесь, на глубине моря более 200 м, впадины между волнами заполнены довольно мощной толщей осадков, содержащих наиболее грубый песчано-алевритовый материал. Это, по-видимому, произошло за счет переотложения материала, размывтого на вершинах и внешних склонах волн придонными течениями. В интервале глубины 250–400 м резко сокращается мощность волн в 2–3 раза за счет эрозии их верхних и средних частей, что хорошо видно при сравнении верхней («нормальной») и нижней (эродированной) волны на рис. 2. В результате этого из разреза была удалена толща осадков с возрастом ~20 тыс. лет. Отмеченные события, по нашему мнению, происходили после завершения активной фазы формирования волн в последнюю трансгрессивную (новокаспийскую) стадию развития Каспийского моря.

Несмотря на то что грунтовыми трубками вскрыты только самые верхние части осадочных волн, они все же дают представление об их литологическом составе. Так, на макро- и микроуровнях (рис. 4–6) зафиксировано закономерное чередование более грубого (песчано-алевритового) и более

тонкого (алевритово-глинистого и глинистого) материала, особенно на Апшеронском участке, что отражает последовательное осаждение прослоев как из мутьевых потоков, так и из пелагической взвеси, что характерно для строения осадочных волн, описанных в работе [Wynn, Stow, 2002]. На внутреннем склоне и на вершине волны по данным гранулометрического анализа отмечен более грубый материал, чем на ее внешнем склоне (рис. 4), т.е. формирование состава и структуры осадков отвечают теоретическому механизму осаждения частиц по мере прохождения наносонесущего потока вдоль волны.

Заключение. В обоих изученных нами районах осадочные волны развиты в верхней зоне континентального склона (глубина моря от 100 до 300 м). Выявленный наклон осей индивидуальных волн может указывать на направление и способ переноса исходного осадочного материала. Так, на Дербентском участке при наклоне осей с востока на запад вверх и перпендикулярно склону волны (рис. 1, Б) могли формироваться за счет мутьевых потоков, генерируемых в условиях узкого шельфа реками, которые стекают с Кавказского хребта. Наклон осей с юга на север (рис. 1, А) и идеальные форма и структура волн могут свидетельствовать об их образовании придонными течениями, переносившими с севера взвешенный материал рек Сулак и Терек. На склоне Апшеронского порога при выявленном наклоне осей с севера на юг вверх по склону волны, скорее всего, генерировались мутьевыми потоками, поступавшими в направлении с юга (юго-запада) на север (северо-восток) за счет размыва порога.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Лопатина Д.А., Пирумова Л.Г., Сорокин В.М. Диатомовая флора из верхнечетвертичных осадков Каспийского моря // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1996. Т. 4, № 1. С. 15–26.

Росляков А.Г., Сорокин В.М., Калинин В.В. Об осадочных волнах на западном склоне Среднего Каспия // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 1. С. 47–53.

Berndt Ch., Cattaneo A., Szuman M. et al. Sedimentary structures offshore Ortona, Adriatic Sea — Deformation or sediment waves? // Marine Geol. 2005. Vol. 234. P. 261–270.

Cartigny M.J.B., Postma G., van den Berg J.H., Mastbergen D.R. A comparative study of sediment waves and cyclic steps based on geometries, internal structure and numerical modeling // Marine Geol. 2011. Vol. 280. P. 40–56.

Damuth, J.E. Migrating sediment waves created by turbidity currents in the Northern South China Basin // Geology. 1979. Vol. 7. P. 520–523.

Ercilla G., Wynn R.B., Alonco B., Baraza J. Initiation and evolution of turbidity current sediment waves in the Magdalena turbidite system // Marine Geol. 2002. Vol. 192. P. 153–169.

Flood R.D., Shor A.N. Mudwaves in the Argentine Basin and their relationship to regional bottom circulation patterns // Deep-Sea Res. 1988. Vol. 35. P. 943–971.

Folk R.L. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature // J. Geol. 1954. Vol. 62. P. 344–359.

Gonthier E., Faugeres J.C., Gervais A. et al. Quaternary sedimentation and origin of the Orinoco sediment-wave field on the Demerara continental rise (NE margin of South America) // Marine Geol. 2002. Vol. 192. P. 189–214.

Howe J.A. Turbidite and contourite sediment waves in the northern Rockall Trough, North Atlantic Ocean // Sedimentology. 1996. Vol. 43. P. 219–234.

Jacobi R.D., Rabinowitz P.D., Embley R.W. Sediment waves on the Moroccan continental rise // Marine Geol. 1975. Vol. 19. P. 61–67.

Levchenko O.V., Roslyakov A.G. Cyclic sediment waves on western slope of the Caspian Sea as possible indicators of main transgressive/regressive events // Quarter. Intern. 2010. Vol. 225. P. 210–220.

Migeon S., Savoye B., Zanella E. Detailed seismic-reflection and sedimentary study of turbidite sediment waves

on the Var Sedimentary Ridge (SE France): significance for sediment transport and deposition and for the mechanics of sediment-wave construction // *Marine Petr. Geol.* 2001. Vol. 18. P. 179–208.

Nakajima T., Satoh M. The formation of large mud-waves by turbidity currents on the levees of the Toyama deep-sea channel, Japan Sea // *Sedimentology.* 2001. Vol. 48. P. 435–463.

Trincardi F., Normark W.R. Sediment waves on the Tiber prodelta slope: interaction of deltaic sedimentation

and currents along the shelf // *Geol. Marine Lett.* 1988. Vol. 8. P. 149–157.

Wynn R.B., Weaver P.P.E., Ercilla G. Sedimentary processes in the Selvage sediment-wave field, NE Atlantic: new insights into the formation of sediment waves by turbidity currents // *Sedimentology.* 2000. Vol. 47. P. 1181–1197.

Wynn R.B., Stow D.A.V. Classification and characterization of deep-water sediment waves // *Marine Geol.* 2002. Vol. 192. P. 7–22.

Поступила в редакцию 17.05.2018

Поступила с доработки 22.05.2018

Принята к публикации 22.05.2018