

УДК 551.3.051

doi: 10.55959/MSU0579-9406-4-2026-65-2-3-10

ГЛУБОКОВОДНЫЕ ОСАДОЧНЫЕ СИСТЕМЫ ПОДНОЖИЯ КОНТИНЕНТАЛЬНОГО СКЛОНА ЧЕРНОГО МОРЯ

Оксана Александровна Хлебникова¹✉, Анатолий Михайлович Никишин²,
Хенри Уильям Посаментьер³

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; khlebnikova@my.msu.ru ✉; <https://orcid.org/0000-0001-5905-2903>

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия; amnikishin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5375-623>

³ Независимый консультант, Калифорния, США; hposamen1@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6891-631X>

Аннотация. В статье представлены результаты исследования глубоководных осадочных систем Черного моря, сформированных в позднем кайнозое под воздействием речного стока. На основе анализа региональных сейсмических профилей МОГТ (программа «Геология без границ») и батиметрических данных (ГЕВСО, ЕМОДнет, материалы ФГУП ГНЦ «Южморгеология») в зоне континентального склона и глубоководной части бассейна выделены и закартированы три типа осадочных систем, связанных с дистальными частями авандельт крупных рек. Показано, что разнообразие осадочных систем отражает сложную взаимосвязь континентальных (речной сток, эрозия, транспортировка осадков) и морских (уровень моря, рельеф дна, гидродинамика) процессов. Полученные результаты позволяют реконструировать палеогеографические обстановки позднего кайнозоя и прогнозировать распределение осадочных тел в глубоководных областях бассейна.

Ключевые слова: Черное море, подножие континентального склона, глубоководные осадочные системы, осадочные волны, отложения массопереноса, глубоководные каналы, прирусловые валы

Для цитирования: Хлебникова О.А., Никишин А.М., Посаментьер Х.У. Глубоководные осадочные системы подножия континентального склона Черного моря // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2026. № 2. С. 3–10.

DEEP-WATER SEDIMENTARY SYSTEMS OF THE BLACK SEA CONTINENTAL RISE

Oxana A. Khlebnikova¹, Anatoly M. Nikishin², Henry W. Posamentier³

¹ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; khlebnikova@my.msu.ru ✉; <https://orcid.org/0000-0001-5905-2903>

² Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; amnikishin@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5375-6237>

³ Independent consultant, California, USA; hposamen1@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6891-631X>

Abstract. The article presents the results of a study on deep-water sedimentary systems in the Black Sea, which formed during the Late Cenozoic under the influence of river runoff. Based on the analysis of regional seismic CDP profiles (from the «Geology Without Borders» programme) and bathymetric data (ГЕВСО, ЕМОДнет, materials from FSUE SRC «Yuzhmorgeologiya»), three types of sedimentary systems associated with the distal parts of the avandeltas of major rivers have been identified and mapped in the continental slope zone and the deep-sea part of the basin. It is shown that the diversity of sedimentary systems reflects the complex interplay between continental processes (river runoff, erosion, sediment transport) and marine processes (sea level, seafloor topography, hydrodynamics). The obtained results allow for the reconstruction of palaeogeographic settings of the Late Cenozoic and the prediction of sediment body distribution in the deep-sea areas of the basin.

Keywords: Black Sea, continental slope basement, deep-water sedimentary systems, sediment waves, mass transport deposits, deep-water channels, leveed channel

For citation: Khlebnikova O.A., Nikishin A.M., Posamentier H.W. Deep-water sedimentary systems of the Black Sea continental rise. *Moscow University Geol. Bull.* 2026; 2: 3–10. (In Russ.).

Введение. Черное море относится к числу наиболее интенсивно исследуемых морских бассейнов мирового океана. Научный интерес к нему обусловлен как необходимостью решения фундаментальных геолого-геоморфологических задач, так и практической значимостью акватории в контексте хозяйственного освоения, в частности, бурения скважин и строительства газотранспортной инфраструктуры.

Реализация подобных проектов требует детальных исследований морского дна и происходящих там процессов, особенно в активных литодинамических условиях континентального склона и его подножия.

Основными источниками осадочного материала в район континентального склона являются реки. Черное море окружено молодыми горно-складчатыми сооружениями, в пределах которых формируются

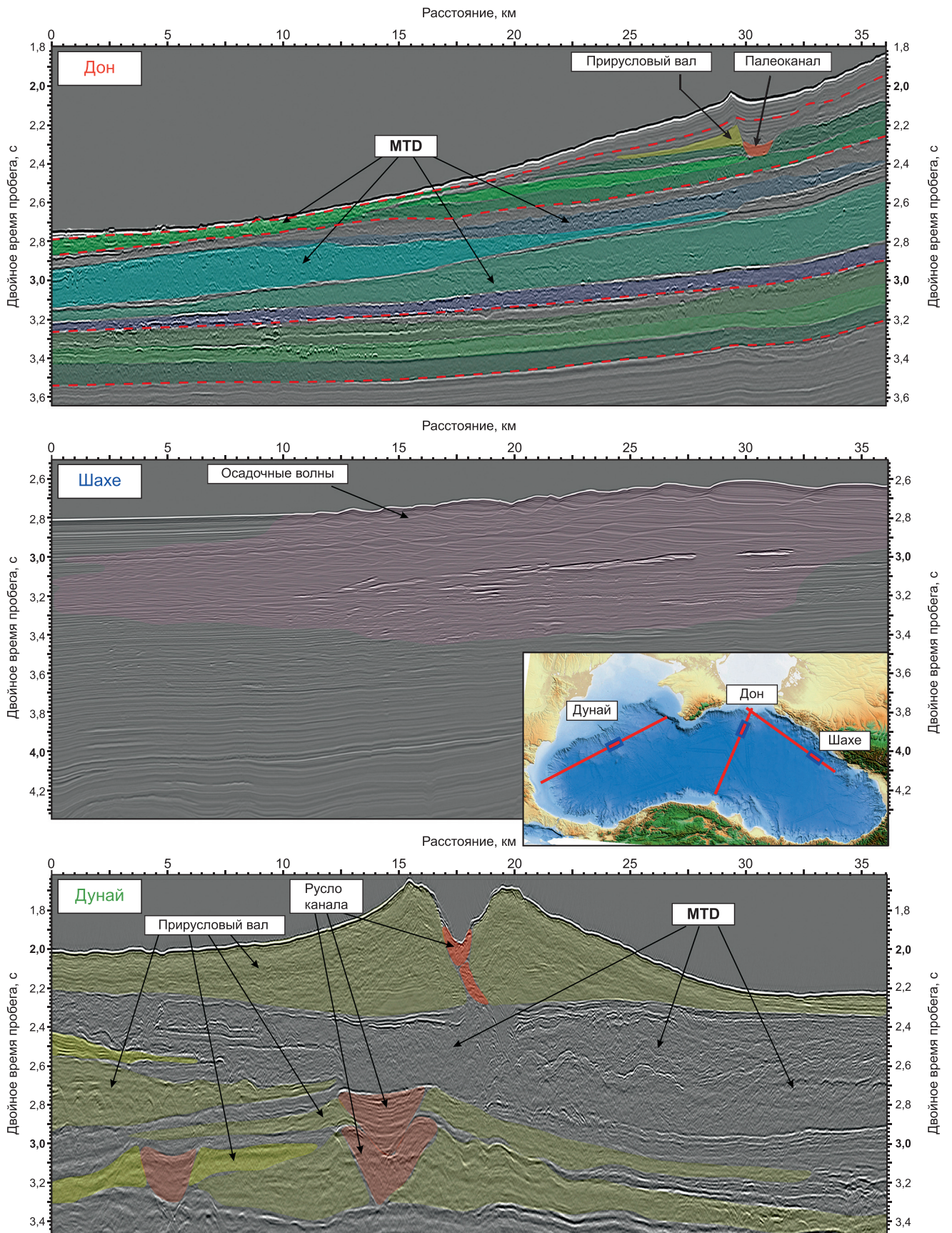


Рис. 1. Фрагменты региональных сейсмических профилей «Геология без границ» через три типа осадочных систем с элементами интерпретации. MTD — отложения массопереноса («mass transport deposits»). Профили приведены в одном масштабе

водосборные бассейны крупных рек Кубани, Шахе, Мзымты, Ингури, Мелета, Дуная и др. Интенсивность и характер осадконакопления в глубоководной области бассейна непосредственно определяются объемом и гранулометрическим составом терригенного материала, поставляемого реками.

В ходе анализа имеющихся данных на подножии континентального склона и в глубоководной части Черного моря было выделено три основных типа глубоководных осадочных систем, связанных с дистальными частями аванделъты крупных рек. Указанные осадочные комплексы следует отличать от классических конусов выноса — конечных форм разгрузки подводных канальных систем, которые характеризуются специфической морфологией (конической или лопастной в плане) и значительной протяженностью распространения в глубоководные области бассейна. В отличие от конусов выноса, рассматриваемые осадочные системы отражают промежуточные стадии транспортировки и седиментации материала в пределах континентального склона и его подножия.

Материалы и методы исследований. Несмотря на то, что процессы седиментации на континентальном склоне и в глубоководных условиях представляют особый интерес для ученых уже не одну сотню лет, появление современных геофизических методов изучения позволяет получать принципиально новые данные о строении морского дна и верхней части разреза. В ходе наших работ были использованы региональные сейсмические профили МОГТ, полученные в рамках программы «Геология без границ» — «Изучение геологического строения докайнозойских отложений и глубинной структуры бассейна Черного моря» в 2011 г. ОАО «Союзморгео». Данные профили были проинтерпретированы и опубликованы ранее учеными [Nikishin et al., 2015a, 2015b, 2017; Хортов, Шлезингер, 2015; Monteleone et al., 2019, 2020]. Также в работе использованы материалы региональной батиметрии, доступной на сайтах GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans — Общая батиметрическая карта океанов) и EMODnet (European Marine Observation and Data Network — Европейская сеть морских наблюдений и данных). Для востока-северо-востока акватории Черного моря использовались данные батиметрии и сонарной съемки, полученные ФГУП ГНЦ «Южморгеология» в 1996–1998 гг. [Глазырин, 2019].

Результаты исследований и их обсуждение. В Черном море описаны и закартированы три типа глубоководных осадочных систем, сформированных в позднем кайнозое под действием речного стока (рис. 1).

Осадочная система *первого типа* — комплекс дистальной части аванделъты Палео-Дона с широким распространением отложений массопереноса («mass transport deposits»), описанный в районе Керченско-Таманского склона и его подножия [Хлебникова и др., 2018]. Строение разреза этой части бассейна

представляет из себя переслаивание отложений гравитационной природы и фоновой седиментации бассейна (нефелоидный генетический тип). Предположительно этот комплекс формировался на протяжении четвертичного периода [Nikishin et al., 2015a, 2015b, 2017; Баскакова, 2022], однако более детальное стратиграфическое расчленение провести невозможно в виду отсутствия скважин. По волновой картине описываемый комплекс можно разделить на 4 подкомплекса (рис. 1), представляющие собой крупные циклы седиментации, которые начинаются с момента активизации гравитационных процессов и накопления большой мощности осадков (соответствует падению и низкому стоянию уровня моря), а заканчиваются фоновой седиментацией бассейна (соответствует трансгрессии и высокому стоянию уровня моря). Внутри этих циклов можно выделить циклы меньшего порядка.

Накопление такого типа осадочной системы в пределах подножия континентального склона и глубоководной части бассейна связано с резким падением уровня моря вплоть до осушения Азова, что привело к значительному понижению базиса эрозии реки, ее врезанию и формированию русла по Азовской равнине, выносу большого количества осадочного материала на Керченско-Таманский шельф. Дальнейшие колебания уровня моря приводили к активизации гравитационных процессов (падение уровня моря) или стабилизации и фоновой седиментации бассейна (повышение и высокое стояние уровня моря).

Осадочные системы *второго типа* — крупные поля осадочных волн, сформированные в районе подножия континентального склона и глубоководной части бассейна, связанные с каньонами, формируемыми при активном речном стоке таких рек, как Кубань, Шахе, Мзымта, Ингури, Чорох и др. (рис. 2). В настоящее время считается, что осадочные волны — это результат комплексного действия турбидитовых потоков, придонных течений, для которых характерна периодичность осадконакопления [Wynn, Stow, 2002; Levchenko, Roslyakov, 2010]. Форма и размер осадочных волн зависят от скорости и режима потока, гранулометрического состава осадков, рельефа морского дна, а также частоты поступления материала [Wynn, Stow, 2002; Росляков и др., 2009; Сорокин, Росляков, 2019]. Эти осадочные волны не относятся к волнам прирусловых валов глубоководных канальных систем.

Осадочные волны, характерные для системы второго типа, вероятнее всего образовывались в моменты повышения объема речного стока. То есть в моменты ливней и штормов река формировала смешанный осадочный поток: гиперпикнальная часть формировала донный каньон; гипопикнальная часть отделялась и двигалась в морской бассейн в виде облака взвешенных частиц (рис. 3). Узкий шельф способствовал тому, что эти частицы постепенно оседали на склон и продолжали движение по нему.

Рис. 2. Вверху детальная цифровая модель рельефа по данным [Глазырин, 2019] в районе г. Сочи. Красным пунктиром обозначены борта подводных каньонов р. Шахе. Черные стрелки — направление течения осадка в поле осадочных волн. АВ — фрагмент сейсмического профиля

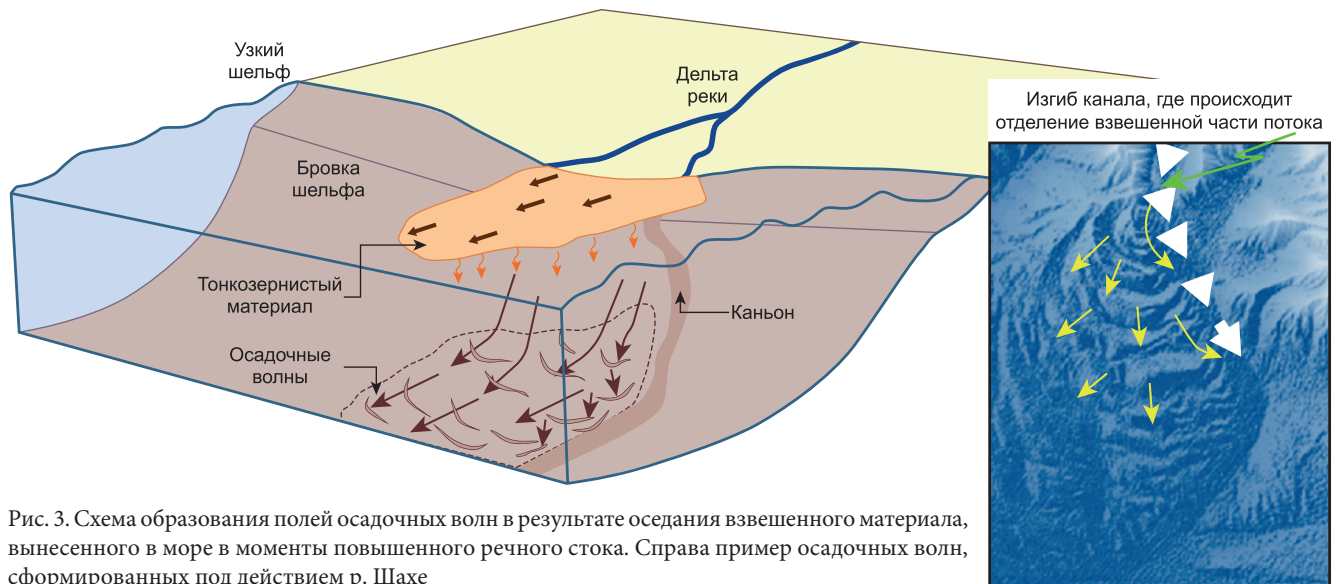
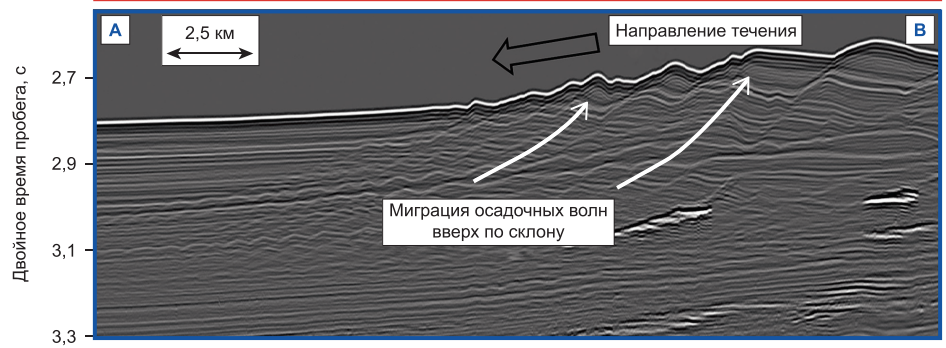
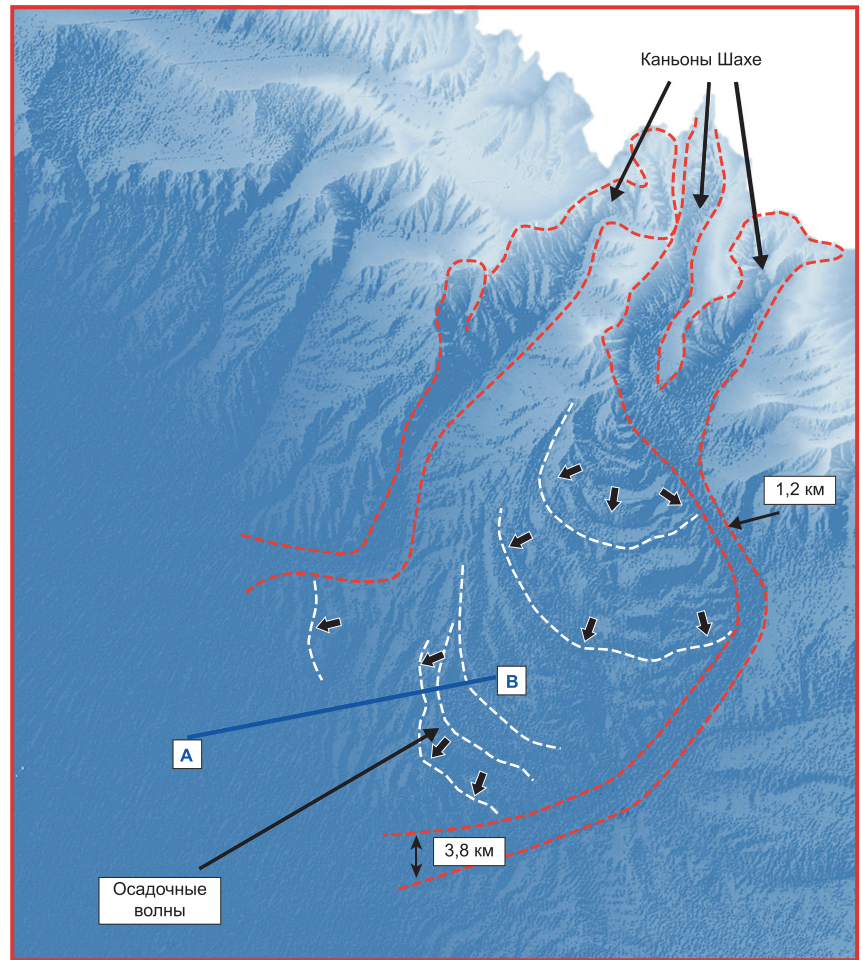


Рис. 3. Схема образования полей осадочных волн в результате оседания взвешенного материала, вынесенного в море в моменты повышенного речного стока. Справа пример осадочных волн, сформированных под действием р. Шахе

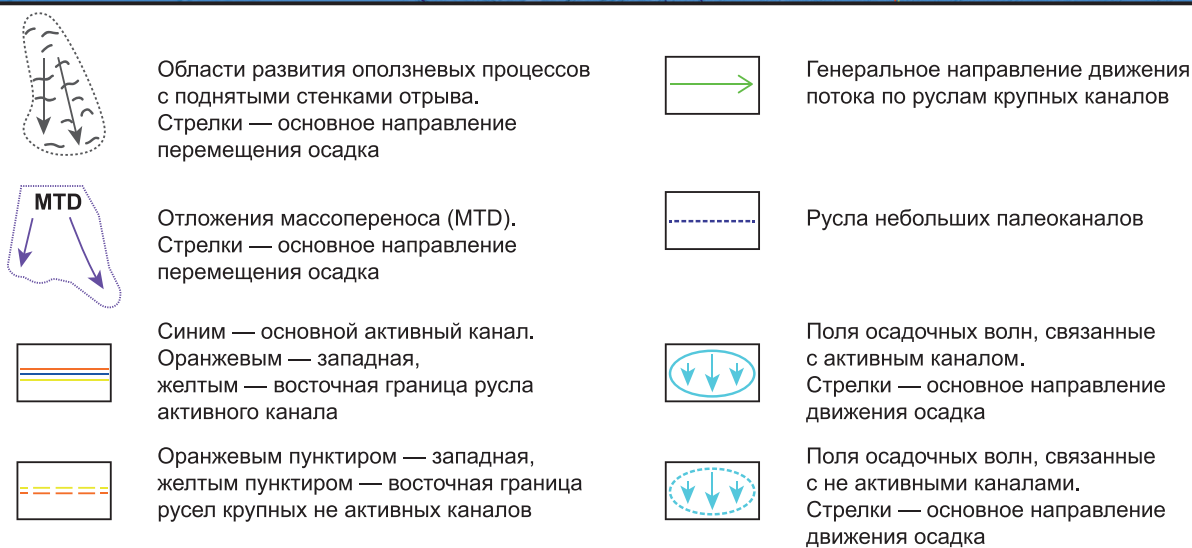
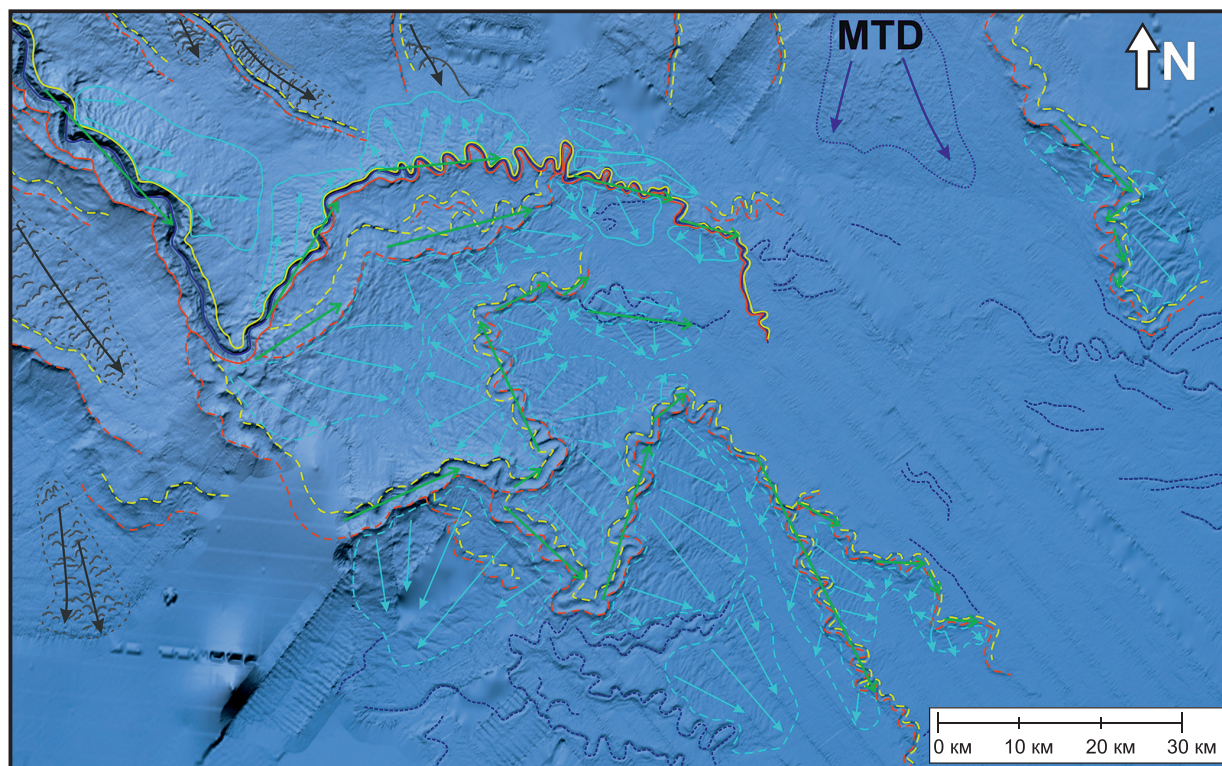


Рис. 4. Фрагмент цифровой модели рельефа EMODnet [2025] в районе глубоководной системы каналов, сформированных под действием реки Дунай, с элементами интерпретации

Направление течения определялось существующим рельефом морского дна и совпадало с линиями его наклона. Как правило, течение осадка устремляется в ранее существовавшие каналы и понижения, а не исходит из них в отличие от осадочных волн прирусловых валов.

Осадочная система *третьего типа* — протяженная система обвалованных каналов, берущая свое начало в виде каньона в районе бровки шельфа (дистальная часть авандельты р. Дунай). Разрез представляет собой систему сильно меандрирующих каналов, осложненных крупными прирусловыми валами, переслаивающихся с отложениями массопереноса и фоновой седиментации бассейна. По имеющимся данным повсеместно (рис. 4) на протяжении

активного и неактивных каналов в прирусловых валах обнаружены осадочные волны. Осадочная система широко распространена на северо-восток и продолжается под действием рек Днестр, Южный Буг, Днепр.

Формирование осадочных волн в прирусловых валах глубоководных канальных систем происходит преимущественно в местах, где русло меняет свое направление (рис. 5), а взвешенный тонкозернистый поток, сформированный над основным высокоплотным потоком, не успевает сменить направление и продолжает движение, выходя за пределы русла. Однако, осадочная система Дуная сопровождается осадочными волнами практически на всем протяжении прирусловых валов глубоководных каналов.



Рис. 5. Схема формирования осадочных волн, связанных с прирусловыми валами глубоководных канальных систем (по [Posamentier, Walker, 2006] с изменениями). а — движение потока с «облаком» взвешенных частиц по руслу; б — сформировавшиеся прирусловые валы, осложненные осадочными волнами



Рис. 6. Водосборные бассейны рек, под действием которых сформированы разные типы глубоководных осадочных систем, на цифровой модели рельефа EMODnet [2025]

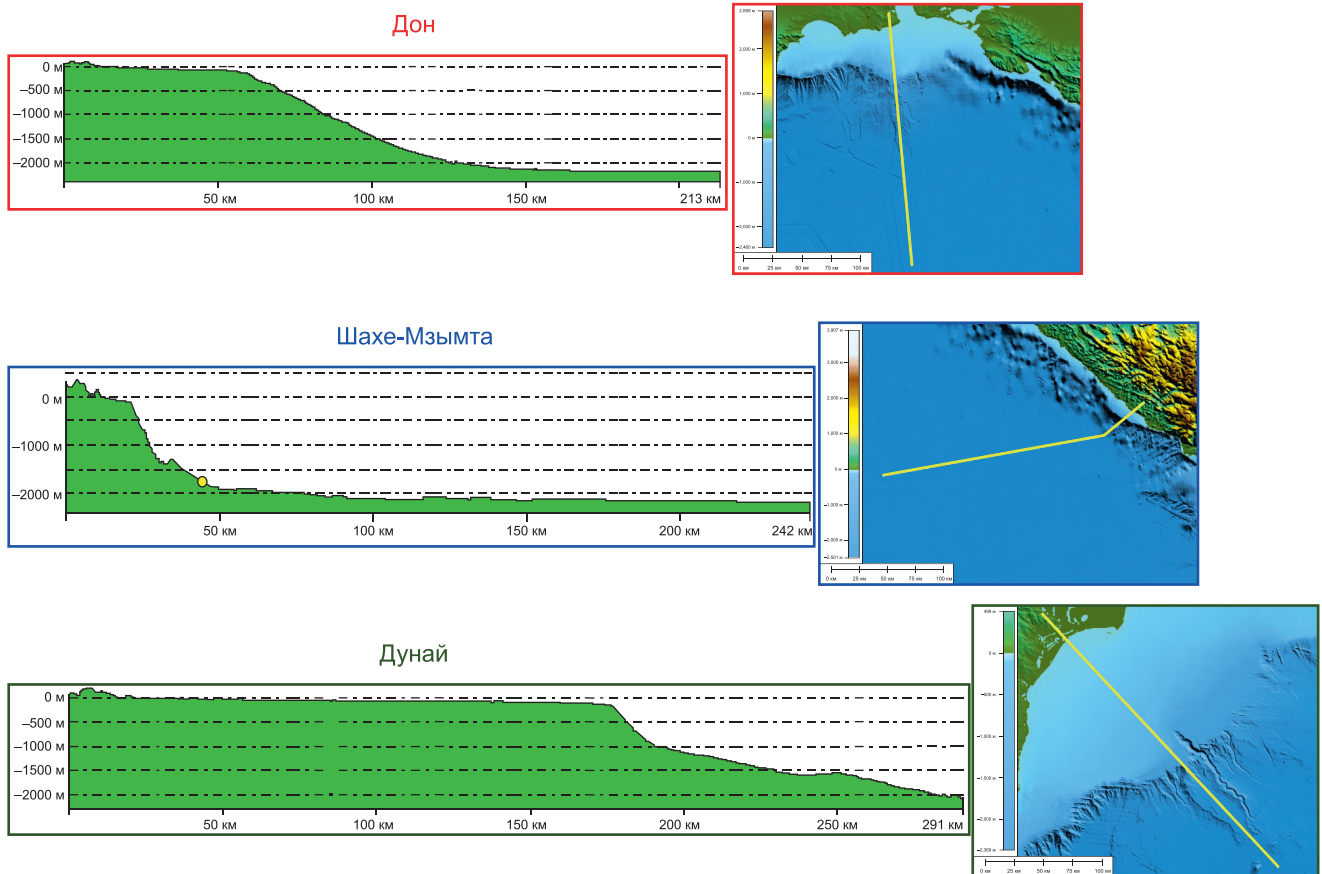


Рис. 7. Профили рельефа через береговую линию, шельф и континентальный склон в районе действия рек, под действием которых сформированы разные типы глубоководных осадочных систем, в едином масштабе. Слева на фрагментах карт GEBCO [2025] — положение профилей

Причинами формирования разных типов осадочных образований в дистальных частях аванделът речных систем в районе подножий континентального склона и глубоководных участков единого Черноморского бассейна являются различия в рельефе и геологическом строении территорий водосборных бассейнов впадающих рек (рис. 6), ширина шельфа и строение континентального склона (рис. 7).

Для образований первого типа (р. Дон) характерен большой по площади равнинный водосборный бассейн, широкий плоский шельф, пологий континентальный склон. Вынос материала к бровке Керченско-Таманского шельфа происходил в моменты крупных регрессий с осушением акватории Азовского моря и врезанием в его дно русла реки. Основное накопление осадочного материала происходило на

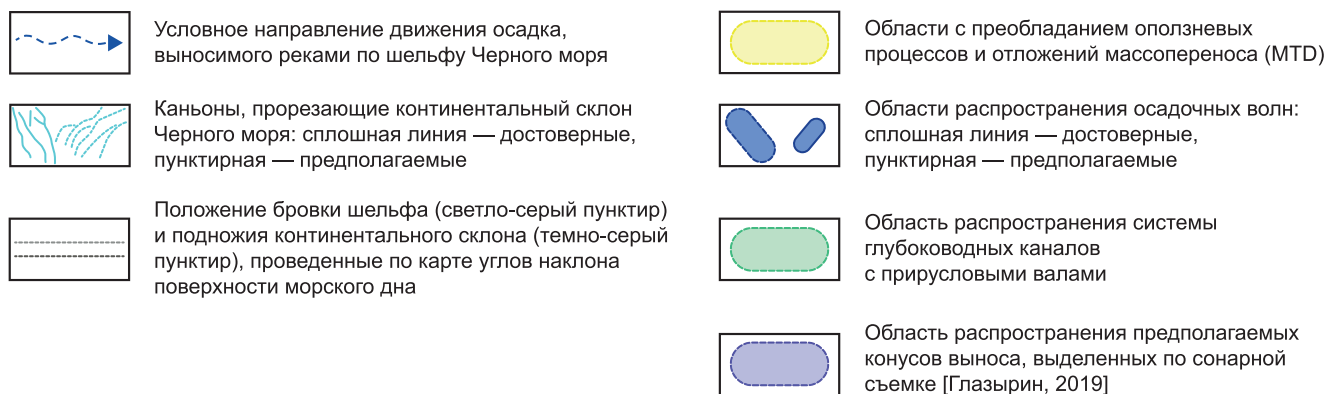
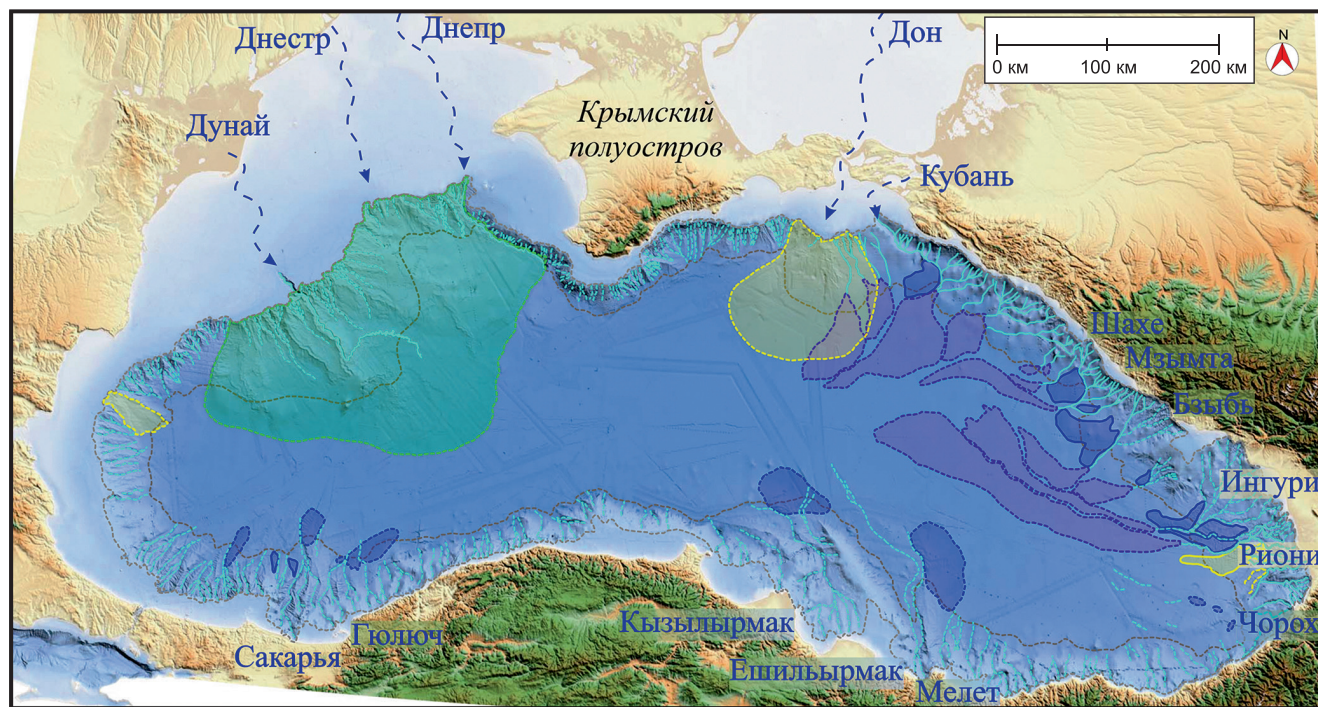


Рис. 8. Схема распространения выделенных глубоководных осадочных систем Черного моря, нанесенная на цифровую модель рельефа EMODnet [2025]

Черноморском шельфе с последующей активизацией оползневых процессов.

Для образований второго типа (реки Кубань, Шахе, Мзымта и др.) характерны небольшие по площади, но горные водосборные бассейны, узкий шельф и крутой континентальный склон. В моменты проливных дождей вынос материала таких рек резко увеличивается, при впадении в море формируется облако взвешенного тонкозернистого осадочного материала, в результате оседания и медленного движения по склону которого образуются обширные поля осадочных волн.

У третьего типа осадочных систем водосборный бассейн реки Дунай является наиболее обширным, включает как горные, так и равнинные участки, шельф плоский и протяженный, материковый склон крутой в верхней части и более пологий в нижней. Врезание глубокого каньона в районе бровки шельфа и развитие обширной канальной системы связывают с резким падением уровня моря, понижением базиса

эрозии и активным выносом большого количества осадочного материала р. Дунай [Popescu et al., 2004].

Заключение. В результате проведенного анализа осадочных систем Черного моря, сформированных в позднем кайнозое под действием речного стока, можно сделать следующие ключевые выводы.

В бассейне Черного моря выявлены и закартированы три типа глубоководных осадочных систем, различающихся по морфологии, механизму формирования и пространственному распространению (рис. 8): система первого типа (на примере авандельты Палео-Дона) — комплекс дистальной части авандельты с отложениями массопереноса, формировавшийся в условиях широких регрессий и осушения Азовского моря; система второго типа — поля осадочных волн у подножия континентального склона, связанные с каньонами рек (Кубань, Шахе, Мзымта и др.) и обусловленные эпизодами повышенного речного стока; система третьего типа — протяженная сеть обвалованных каналов

(на примере авандельты Дуная) с прирусловыми валами и осадочными волнами, развивающаяся под влиянием комплексного речного стока (Дунай, Днестр, Южный Буг, Днепр).

Основные факторы, определяющие тип осадочной системы: морфология и геологическое строение водосборного бассейна (равнинный или горный рельеф); ширина шельфа (широкий или узкий); строение континентального склона (пологий или крутой); динамика уровня моря (регрессии/трансгрессии) и связанные с ними изменения базиса эрозии и режима осадконакопления.

Механизмы осадконакопления специфичны для каждого типа: для первого типа характерно переслаивание гравитационных отложений и отложений фоновой седиментации, обусловленное чередованием регрессий (активация гравитационных процессов) и трансгрессий (фоновая седиментация); для второго типа — формирование осадочных

волн за счет турбидитовых потоков и придонных течений при эпизодическом выносе тонкозернистого материала в периоды ливней и штормов; для третьего типа — развитие меандрирующих каналов с прирусловыми валами и осадочными волнами, приуроченными к участкам изменения направления русла.

Таким образом, разнообразие осадочных систем Черного моря отражает сложную взаимосвязь между континентальными процессами (речной сток, эрозия, транспортировка осадков) и морскими условиями (уровень моря, рельеф дна, гидродинамика). Полученные данные позволяют реконструировать палеогеографические обстановки позднего кайнозоя и прогнозировать распределение осадочных тел в глубоководных областях бассейна.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баскакова Г.В. История тектонического развития и обстановки осадконакопления северо-восточной части акватории Черного моря: Автореф. дис. ... канд. г.-минер. наук. М., 2022. 24 с.

Глазырин Е.А. Геоморфология и литодинамика подводных каньонов как инженерно-геологический фактор освоения углеводородных ресурсов (на примере Российского сектора Черного моря) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т. 14. № 2. С. 18.

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

Сорокин В.М., Росляков А.Г. Строение и состав осадочных волн в Среднем Каспии // Вест. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2019. № 1. С. 82–91.

Хлебникова О.А., Иванова А.А., Никишин А.М. и др. Анализ гравитационных отложений материкового склона и его подножия в северо-восточной части Черного моря // Вест. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2018. № 6. С. 29–36.

Хортов А.В., Шлезингер А.Е. Глубинное строение и особенности образования Черноморской топодепрессии в связи с перспективами нефтегазоносности // Вест. газовой науки. 2015. № 2. С. 63–68.

EMODnet Map Viewer [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/> (дата обращения: 05.04.2025).

ГЕВСО [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gebco.net/> (дата обращения: 08.02.2025).

Levchenko O.V., Roslyakov A.G. Cyclic sediment waves on western slope of the Caspian Sea as possible indicators of main transgressive/regressive events // Quaternary International. 2010. Vol. 225. № 2. P. 210–220.

Monteleone V., Minshull T. A., Marin-Moreno H. Integrated geophysical characterization of crustal domains in the eastern Black Sea // Geology. 2020. Vol. 48. № 4. P. 405–409.

Monteleone V., Minshull T. A., Marin-Moreno H. Spatial and temporal evolution of rifting and continental breakup in the Eastern Black Sea Basin revealed by long-offset seismic reflection data // Tectonics. 2019. Vol. 38. № 8. P. 2646–2667.

Nikishin A.M., Okay A.I., Tüysüz O., et al. The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 1: Basins structure and fill // Marine and Petroleum Geology. 2015a. Vol. 59. P. 638–655.

Nikishin A.M., Okay A.I., Tüysüz O., et al. The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Part 2: Tectonic history and paleogeography // Marine and Petroleum Geology. 2015b. Vol. 59. P. 656–670.

Nikishin A.M., Wannier M., Alekseev A.S., et al. Mesozoic to recent geological history of southern Crimea and the Eastern Black Sea region // Geological Society of London. Dataset. 2017. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3454025.v1>

Popescu I., Lericolais G., Panin N., et al. The Danube submarine canyon (Black Sea): morphology and sedimentary processes // Marine Geology. 2004. Vol. 206. № 1–4. P. 249–265.

Posamentier H.W., Walker R.G. Deep-water turbidites and submarine fans // SEPM Society for Sedimentary Geology. 2006. Vol. 84. DOI: <https://doi.org/10.2110/pec.06.84>

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

Статья поступила в редакцию 05.11.2025, одобрена после рецензирования 12.11.2025, принята к публикации 24.04.2026