

УДК 551.35 (262.5): 551.79

СЕКВЕНТНАЯ СТРАТИГРАФИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАТЕРИКОВОЙ ОКРАИНЫ КРЫМА

© 2025 г. А. В. Хортов^{1,*}, А. А. Пронин^{1,**}

Представлено академиком РАН М.А. Федонкиным 19.05.2025 г.

Поступило 19.05.2025 г.

После доработки 21.05.2025 г.

Принято к публикации 27.05.2025 г.

Представлены результаты сейсмоакустических исследований шельфа Крыма, выполненные в 2018–2024 годах сотрудниками Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, с использованием сейсмоакустического и акустического профилографов. Проведённые исследования дали возможность детализировать положение морфоэлементов шельфа и склона, уточнить сеймо-стратиграфическую привязку отражающих горизонтов, а также выполнить секвентстратиграфический анализ плейстоцен-голоценовой части разреза материковой окраины Крыма. В результате сеймостратиграфической и секвентстратиграфической интерпретации выполненных в 2018–2024 гг. сейсмоакустических профилей на материковой окраине Крыма в интервале, соответствующему четвертичному периоду, были выделены трансгрессивно-регрессивные циклы и связанные с ними тракты высокого и низкого стояния уровня моря. Было показано, что регрессивно-трансгрессивные процессы существенно влияли на условия осадконакопления.

Ключевые слова: шельф, Крым, непрерывное сейсмоакустическое профилирование, секвенции, комплексы высокого, трансгрессивного, низкого стояния, каньон, палеорусло, плейстоцен

DOI: 10.7868/S3034506525090033

ВВЕДЕНИЕ

Цель исследования связана с необходимостью уточнения строения и истории формирования морской континентальной окраины полуострова Крым. Это достигалось путём получения новых геолого-геоморфологических данных по истории развития шельфа полуострова Крым, необходимых для восстановления малоизученных этапов палеогеографической истории формирования континентальной окраины Крыма в новейшее время. Предполагалось, что полученные данные позволят уточнить существующие представления об изменении уровня Чёрного моря, уточнить положение древней гидрографической сети и установить связи береговых и субаквальных морфоструктур. Следует отметить, что исследования с близкими целями и задачами в этом районе проводились рядом научно-исследовательских организаций. Среди них следует выделить работы института биологии южных морей имени

А.О. Ковалевского РАН, институт геологических наук НАН Украины, ГНЦ АО Южморгеология, МГУ им. М.В. Ломоносова и др.

Важной отличительной составляющей настоящих исследований является получение высококачественных сейсмоакустических профилей в пределах полигонов Крымского шельфа для обоснования стратиграфии, литологии и условий формирования отложений плейстоцен-голоценовых комплексов Чёрного моря.

Исследования выполнялись отрядом Института океанологии РАН в экспедициях научно-исследовательского судна (НИС) “Профессор Водяницкий” (115, 116, 124, 126 и 131 рейсы) в 2018–2024 годах в соответствии с Планом морских экспедиций на научно-исследовательских судах Минобрнауки России. При этом решались задачи промера глубин, непрерывного сейсмического профилирования и акустического зондирования осадочных отложений, а также панорамной съёмки поверхности дна с помощью гидролокатора бокового обзора (рис. 1). Полученные результаты перечисленных съёмок интерпретировались с учётом данных инженерного бурения [1].

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: Khortov.av@ocean.ru

**E-mail: pronin@ocean.ru

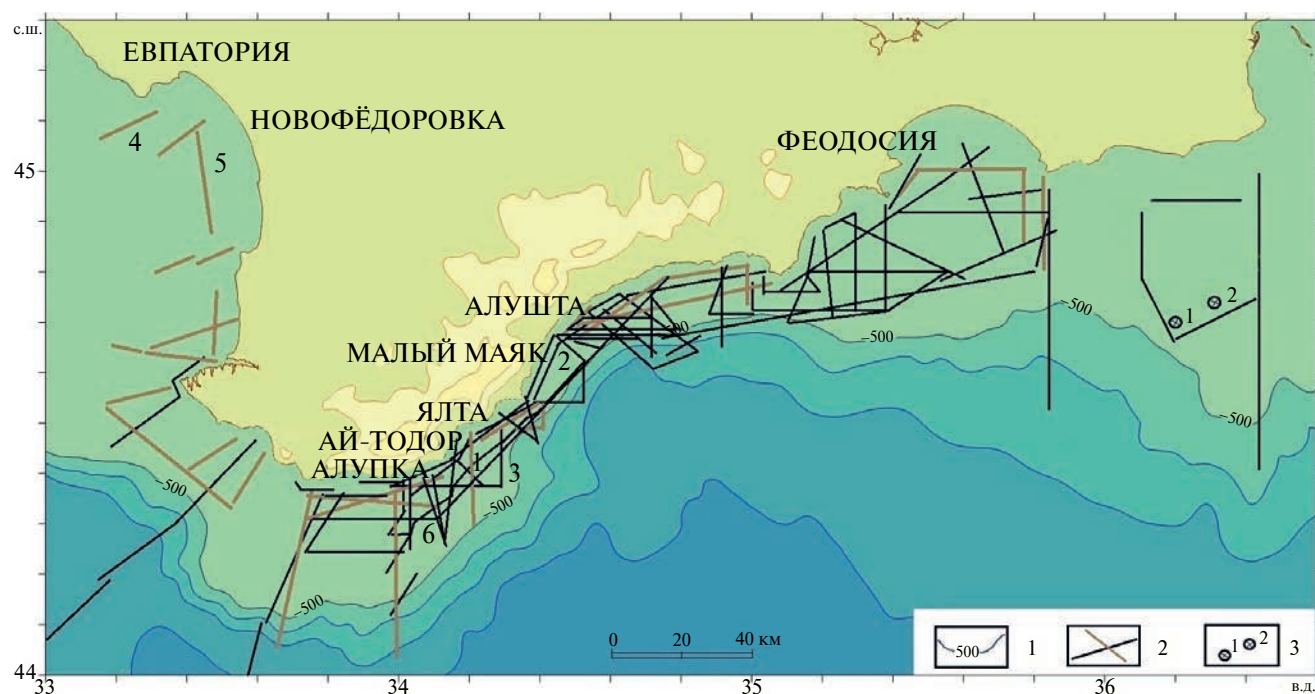


Рис. 1. Схема работ НИС “Профессор Водяницкий” в 2018–2024 гг. Условные обозначения: 1 – изобаты; 2 – сейсмопрофили комплекса “Геонт-шельф” и профилографа АП-5Т; 3 – скважины инженерно-геологических изысканий (ИГИ)

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСАП) использовался сейсмоакустический комплекс “Геонт-шельф” на основе электроискрового излучателя (“спаркер”) и приёмной сейсмокоды. Разрешающая способность применяемой методики наблюдения составила 350 м. Устройство и принцип работы комплекса подробно рассмотрены в статьях [2].

Информация, полученная с помощью сейсмоакустического комплекса “Геонт-шельф” дополнялась данными акустического зондирования профилографом АП-5Т [2]. Информативный интервал записи составил 50 м.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сейсмоакустические исследования с различным разрешением по вертикали, проведённые в крымском секторе Черноморской впадины, позволили выявить строение верхней части осадочного разреза на глубину до 300 м. На основе сейсмостратиграфического анализа здесь выделена серия сейсмических комплексов неоген-голоценового возраста. По данным НСАП, на шельфе в районе Алушки в нижней части разреза хорошо видна поверхность таврической

серии – (отражающий горизонт V (ОГ-V)), которая у южных берегов Крыма является поверхностью акустического фундамента. Она погружается от береговой зоны, где выходит на дно, к бровке шельфа, где залегает на глубине несколько сотен метров.

Выше со стратиграфическим и угловым несогласием залегает слоистая толща, ограниченная отражающими горизонтами ОГ-A – ОГ-A6, с субпараллельными протяжёнными, местами клиноформенными, бугристыми отражающими горизонтами. Мощность толщи на шельфовом участке района исследования достигает 150 м.

В пределах крымского шельфа уверенно выделяются семь основных сейсмокомплексов (СК), отождествляемых с голоценовыми (древнечерноморскими и новочерноморскими – IVdc-nc) отложениями, новозвксинскими (III_{ne}), карангатско-узуларскими (III_{kg}-II_{uz}) и древнезвксинско-чаудинскими (I_{de}-I_{cd}) отложениями.

В прибрежной и в склоновой части эти отложения местами размыты, и на поверхность дна выходят более древние апшеронские породы (ОГ-A); породы таврической серии (ОГ-V), которые у южных берегов Крыма, как отмечалось, являются поверхностью акустического фундамента.

В пределах осадочной толщи выделяются несколько поверхностей размыва. Во внешней части шельфа с ними связаны крупные аккумулятивные клиноформы. Судя по косослоистой записи (многочисленные косо наклонённые отражающие горизонты), они сложены грубозернистыми прибрежными фациями, которые образовывались в периоды низкого стояния уровня моря в ледниковые эпохи плейстоцена.

На сейсмоакустических профилях НСАП рейсов 115, 116, 124 и 131 НИС “Профессор Водяницкий” в пределах траверса мыс Ай-Тодор—Ялта—Алушта выявлены погребённые палеорусла с характерной U-образной формой.

Плейстоценовое палеорусло, зафиксированное на меридиане мыса Ай-Тодор, показано на рис. 2.

К рыхлым песчанистым отложениям, слагающих погребённое палеорусло, приурочены скопления газа, который в сейсмическом поле выражаются в виде зон потери корреляции или аномалий, типа “яркое пятно”. Следы перетоков газа по восстанию слоёв прослеживаются и далеко за пределами дельтовых комплексов. Работами акустического зондирования отмечены выходы газа на поверхность дна [3].

Ещё одно палеорусло обнаружено на шельфе Крыма вблизи г. Алушта, на широте поселка Малый Маяк (рис. 3).

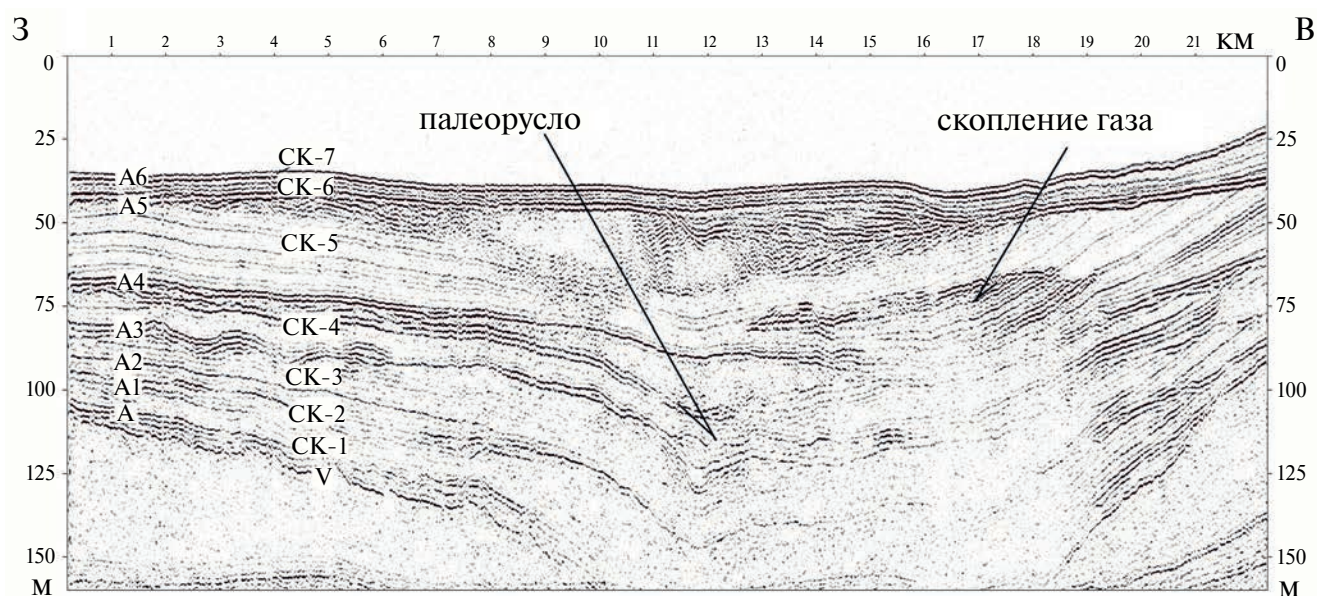


Рис. 2. Фрагмент профиля НСАП № 1, показывающий палеорусло на меридиане поселения Ай-Тодор. Положение профилей см. на рис. 1

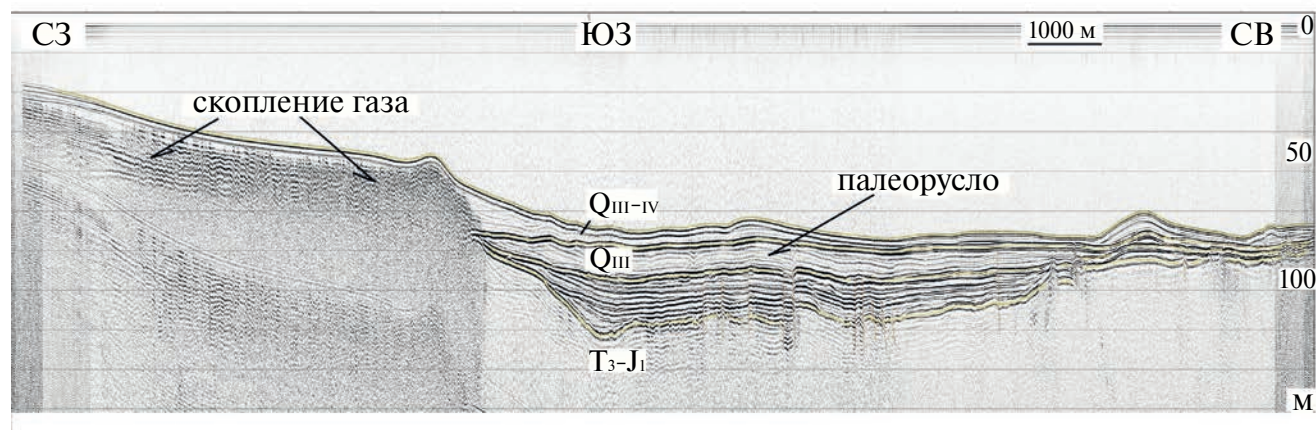


Рис. 3. Составной профиль НСАП № 2, показывающий палеорусло на меридиане поселения Малый Маяк

Плейстоценовые палеоруслы Ай-Тодорское, Ялтинское и Маячное представляют, по-видимому, разветвлённую сеть долины палеореки.

В склоновых частях палеоруслы переходят в каньоны, которые являются путями транзита осадков в глубоководную часть Черноморской впадины (рис. 4).

На акустических профилях высокого разрешения, выполненных в западной части Крыма, отмечается неровный характер поверхности дна, а также наличие ступени, что свидетельствует о её абразионно-денудационном характере (рис. 5). Основание уступа на глубине 50 м совпадает с береговой линией раннего голоцена.

По данным акустического профилирования СК-7 представляет собой слоистую осадочную клиноформу, которая выклинивается на бровке.

Клиноформа перекрывает слой, ограниченный клифом с подножием на глубине около 70 м,

из чего можно сделать вывод, что этот комплекс отложений представляет собой береговую линию регрессивного доголоценового бассейна. Мощность клиноформы на глубинах 40–80 м, составляет 15–20 м; в сторону берега и к краю шельфа мощность уменьшается до одного-трёх метров.

Отражающий горизонт ОГ-6 маркирует поверхность несогласия, связанную с перерывом в осадконакоплении (предголоценовое понижение уровня ниже современной отметки – 80 м), после которого стала накапливаться толща СК-7.

Осушение шельфа в позднем плейстоцене и понижение базиса эрозии активизировало эрозионно-аккумулятивную деятельность рек западного побережья Крыма. Акустическое профилирование в Каламитском заливе выявило затопленную гидросеть [4]. На акустических профилях в районе на широте п. Новофёдоровка, на продолжении в море лимана Кызыл-Яр, отчётливо выделяются эрозионные

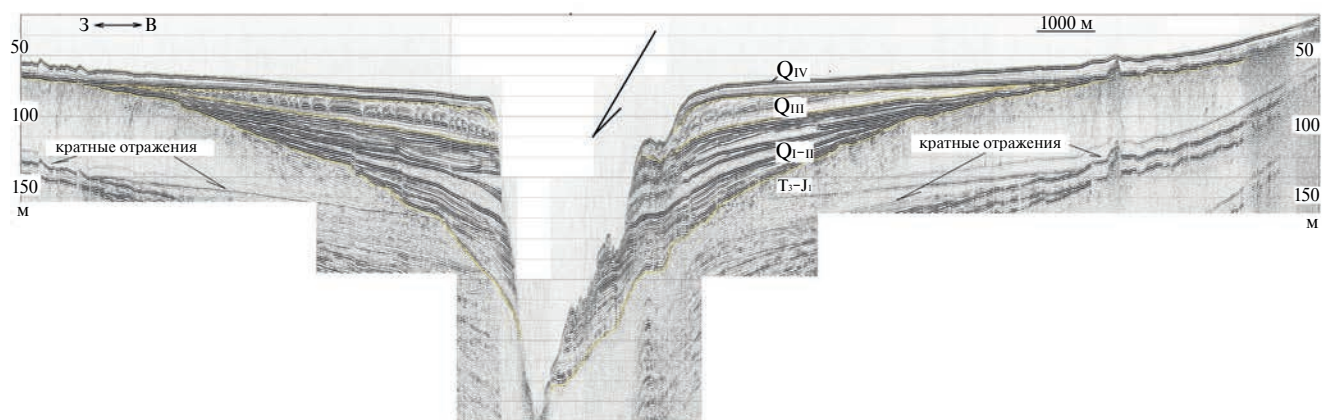


Рис. 4. Фрагмент профиля НСАП № 3, показывающий каньон на продолжении палеоруслы на меридиане поселения Ай-Тодор

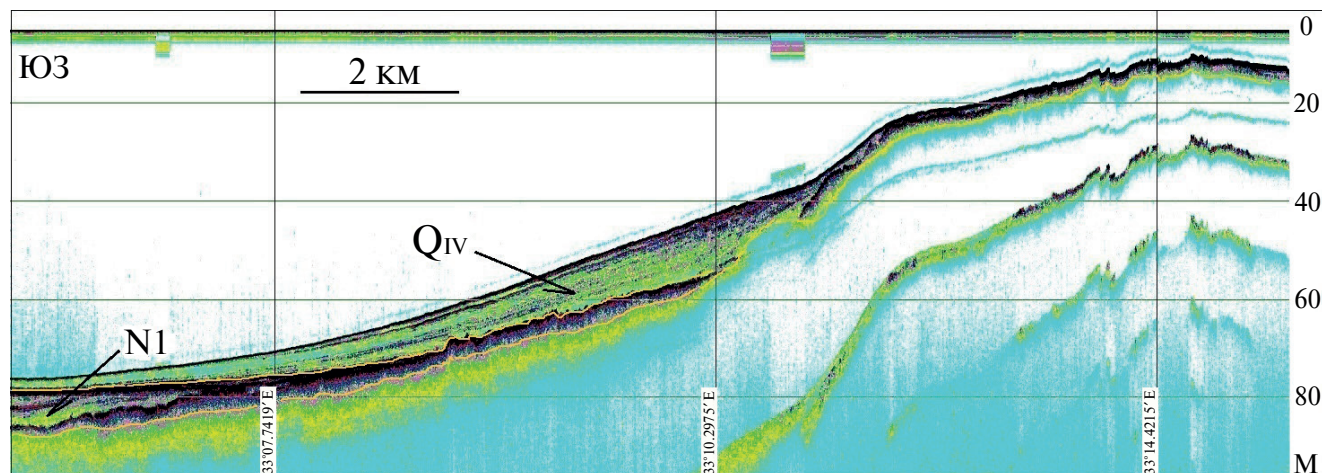


Рис. 5. Акустический профиль № 4 на меридиане г. Евпатория. Показана голоценовая клиноформа, перекрывающая с угловым несогласием отложения неогена

Выявленные работами 2018–2024 гг. погребённые палеоруслы и каньоны отражены на геоморфологической схеме шельфа и склона Крыма (рис. 7).

данным бурения, сейсмокомплекс СК-6 является новозёвксинским и фиксирует низкое стояние уровня Чёрного моря во время последней стадии валдайского оледенения [5]. Как уже отмечалось, зафиксированные на профилях НСАП такого облика косослоистые тела, представляющие собой аккумулятивные образования, формировались в регрессивные эпохи, отвечающие четвертичным оледенениям. Значительная часть шельфа Чёрного моря 18 тыс. лет назад была осушена. В это время формируются барьерные формы берегового рельефа. В ходе развития голоценовой трансгрессии эти барьерные формы распались на ряд локальных абразионно-аккумулятивных образований, которые представляют собой серию древних генераций береговых валов [6].

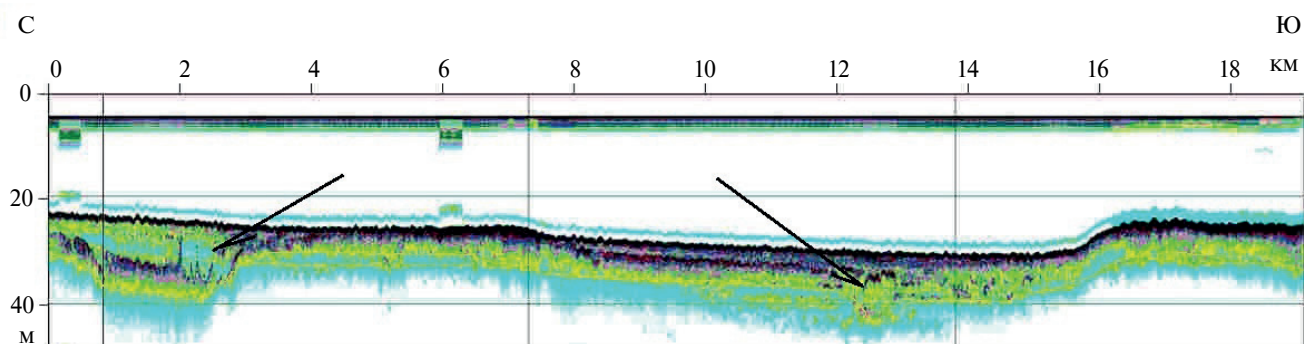


Рис. 6. Акустический профиль № 5 на меридиане на широте поселения Новофёдоровка. Стрелками показаны погребённая палеодолина (справа) и эрозионный врез (слева)

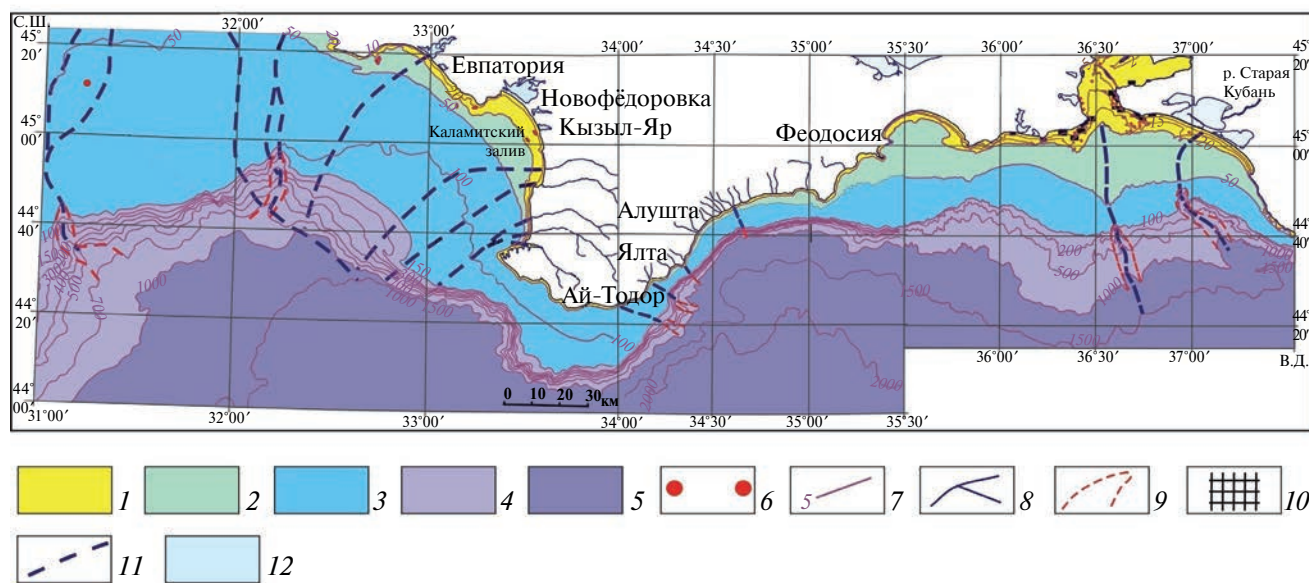


Рис. 7. Геоморфологическая схема шельфа и склона Крыма. Условные обозначения: 1 – прибрежная отмель (0–20 м), 2 – абразионно-аккумулятивная терраса (20–50 м), 3 – внешний шельф (50–150 м), 4 – материковый склон (150–1000 м), 5 – глубоководная впадина (более 1000 м), 6 – скальные рифы; 7 – изобаты (м), 8 – гидрографическая сеть, 9 – подводные каньоны, 10 – рифы и скальные плиты, 11 – палеорусла рек, 12 – другие водные объекты

Вскрытая бурением слоистая пачка сейсмокомплекса СК-5 по своему положению представляет верхнюю часть комплекса, а по стратиграфической привязке относятся к отложениям верхней части карангатского ритма верхнего неоплейстоцена (Пк_г). Слои пачки имеют наклонный характер залегания и относятся к проградациям, чётко зафиксированным на сейсмоакустическом профиле.

Карангатские отложения трансгрессивно залегают на нижележащих комплексах, местами с размывом и угловым несогласием. Для них характерна высокочастотная запись с субпараллельными выдержанными осями синфазности. Они сложены терригенными, существенно глинистыми толщами, накапливавшимися в условиях некомпенсированного быстрого прогибания шельфа и склона.

Глубже залегающие сейсмокомплексы, соответствуют отложениям более древних неоплейстоценовых этапов существования черноморского бассейна.

Узунларский сейсмокомплекс (СК-4), ограниченный в разрезе сейсмическими горизонтами ОГ-А4 и ОГ-А3, соответствует узунларскому этапу (П_{уз}); несогласно залегает на подстилающих отложениях, формирует аккумулятивное тело с налеганием на нижнюю часть материкового склона. Характер записи в пределах конуса — от бугристого до хаотического; выше по склону появляются слоистые регрессивные сейсмофации.

Древнеэвксинский сейсмокомплекс (СК-3), ограниченный в разрезе отражающими горизонтами ОГ-А3 и ОГ-А2, соответствует древнеэвксинскому этапу; отличается низкоамплитудной записью с сейсмофациальным рисунком отражений от бугристо-слоистого до слоистого. Верхняя часть иллюстрируется параллельно-слоистым трансгрессивным типом записи с высокоамплитудными выдержанными отражениями. В пределах нижней части комплекса отмечены клиноформные аккумулятивные тела, связанные с отложением грубозернистых фаций в период регрессии.

Вскрытая бурением нижняя часть комплекса СК-3 по своему положению соответствует подолу комплекса, а по стратиграфической привязке относится к древнеэвксинским отложениям среднего неоплейстоцена (П_{де}).

Верхнечаудинский сейсмокомплекс (СК-2), ограниченный в разрезе отражающими горизонтами ОГ-А2 и ОГ-А1, соответствует

верхнечаудинскому этапу (Icd³). Верхнечаудинские отложения представляют собой аккумулятивные валлообразные образования с хаотичной или мелко-бугристой формой записи, отвечающей регрессивному циклу. Отложения сейсмокомплекса местами облекают неровности подстилающей эрозионной поверхности.

Нижнечаудинский сейсмокомплекс СК-1, ограниченный в разрезе отражающими горизонтами ОГ-А1 и ОГ-А, представляет собой среднечаудинские отложения (Icd²), несогласно залегающие на складчатом основании разреза таврической серии, либо на отложениях неогенового возраста, отделённых от вышележащих слоёв чётко выраженной поверхностью размыва.

Таким образом, выделенные сейсмокомплексы соответствуют неоплейстоценовому и голоценовому этапам существования черноморского морского бассейна.

Для улучшения понимания условий накопления и сохранения осадочных отложений в черноморском бассейне в данной работе нами применялся метод секвенс-стратиграфии (Sequence Stratigraphy). Секвентная стратиграфия как новое направление геологических исследований родилось в середине 80-х годов на базе сеймостратиграфии. Её теоретические и методические основы были разработаны П.Р. Вейлом в 1987 году [7]. Секвентная стратиграфия базируется на данных сейсмических исследований отражённых волн, геофизических исследованиях скважин, бурового керна и естественных обнажений. Она не является составной частью сеймостратиграфии, а представляет собой самостоятельную научную дисциплину, корни которой базируются на основных понятиях и положениях сеймостратиграфии.

Методы сеймостратиграфии находят применение и в секвентной стратиграфии. Единицы сеймостратиграфического и секвентного стратиграфического расчленения разреза несут разную генетическую нагрузку. Первые представляют собой разновозрастные единицы, имеющие чисто корреляционное значение, а вторые отражают цикличность, обусловленную относительными колебаниями уровня моря. Зачастую границы сеймостратиграфических и секвентных стратиграфических единиц не совпадают в разрезе.

Основной единицей секвентной стратиграфии является седиментационный комплекс, который представляет собой трёхмерное геологическое тело. Он ограничивается поверхностями

несогласий, связанными с относительными изменениями уровня моря. Седиментационный комплекс разделяется на напластования низкого уровня, трансгрессии и высокого уровня моря. В них, в свою очередь, могут быть выделены более мелкие единицы в виде седиментационных подкомплексов. Главная цель секвенсной стратиграфии — выделение на обширных пространствах шельфа и неизменной суши поверхностей максимального затопления, секвенцией и системных трактов. Трансгрессии и регрессии происходят, как за счёт эвстатического изменения гипсометрии уровня Мирового океана, так и за счёт региональных тектонических подвижек шельфов и неизменной суши, а также привноса осадочного материала, не компенсирующее тектоническое прогибание. Секвенсный анализ подразумевает выделение основных поверхностей несогласия и картирование наиболее крупных геологических тел-секвенций. Для этого необходимо выполнить:

- литологическую интерпретацию временно-го разреза с учётом данных бурения;
- седиментологическую интерпретацию, восстановление обстановок осадконакопления с использованием биостратиграфических и литологических материалов из керна и обнажений;
- определение системы трактов — подкомплексов и границ комплексов;

— корреляцию поверхностей несогласий внутри комплексов и секвенций с обобщением сейсмических данных и данных по скважинам;

— детализацию строения осадочного бассейна и слагающих его тел.

Одним из важнейших аспектов секвенсной стратиграфии является выявление и определение опорных стратиграфических хронозначимых поверхностей, которые можно использовать для подразделения геологических разрезов на слагающие их секвенции [8–11]. Границы секвенсов могут быть выражены в виде крупных или мелких стратиграфических перерывов коррелятивных им поверхностей. В пределах секвенсы могут существовать относительно мелкие перерывы в стратиграфической последовательности, что мы наблюдаем ниже на разрезе НСАП. На рис. 8 показано выделение системных трактов на основе секвентного анализа, подразумевающего выделение в разрезе секвенций верхнего (HST), трансгрессивного (TST) и нижнего системных трактов (LST).

Как видно из рис. 8, система напластований низкого уровня моря седиментационного комплекса перекрывает поверхность подстилающего седиментационного комплекса и выклинивается у палеобереговой линии. Её составляют конус выноса котловины, конус выноса склона, клиноформы (наступающий клин) и заполнение

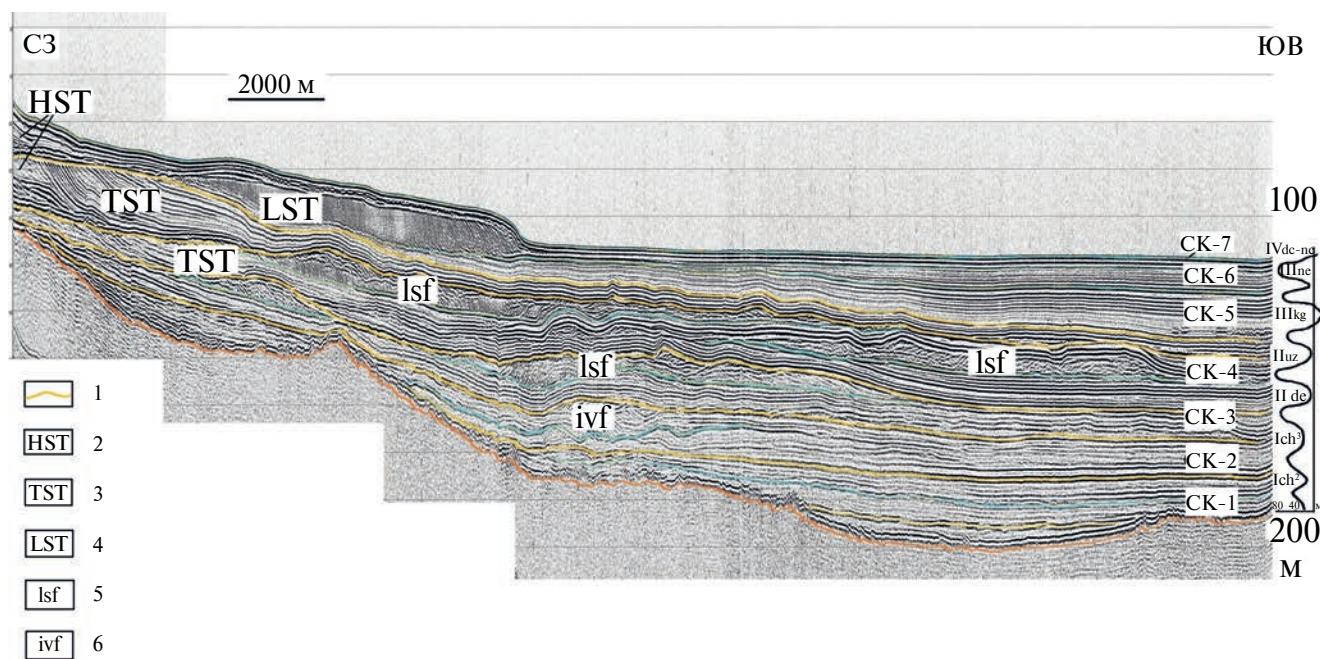


Рис. 8. Фрагмент профиля НСАП № 6 на меридиане г. Алушка, показывающий выделение секвенций в плейстоцен-голоценовом интервале разреза. Справа показана кривая изменения уровня моря. 1 — границы секвенций; 2 — верхний системный тракт; 3 — трансгрессивный системный тракт; 4 — нижний системный тракт; 5 — конус выноса; 6 — вложенная долина

врезанных долин. В процессе лавинной седиментации, они минуют шельф и склон и через каньоны выносятся на дно котловины.

Трансгрессивная система напластования занимает среднюю часть седиментационных комплексов. Она характеризуется проградационными слоями. В сторону суши слои трансгрессивной системы напластования налегают на границу седиментационного комплекса, а в сторону моря через подошвенное прилегание к поверхности подстилающих отложений системы напластования низкого уровня моря утоняются местами до полного выклинивания.

Венчает разрез седиментационного комплекса система напластований высокого уровня моря. Она складывается аградационными слоями, сменяемыми проградационными, имеющими геометрию наступающих клиноформ. В сторону палеосуши в прибрежной зоне слои системы напластования высокого уровня моря через подошвенное налегание перекрывают границу седиментационного комплекса, а в сторону палеоморя они через подошвенное прилегание перекрывают поверхность подстилающей трансгрессивной системы напластований. В разрезе высокого уровня моря выделяются нижние и верхние клиноформы и субаэральные слои.

Системы напластований седиментационного комплекса связываются с определёнными частями кривой уровня моря. Конус выноса палеокотловины системы напластования низкого уровня моря соответствует быстрому падению; конус выноса палеосклона и клиноформы — позднему падению или раннему подъёму; трансгрессивная система напластования стремительному подъёму; система напластования высокого уровня моря — поздней фазе подъёма, равновесию и начальной фазе падения [12, 13].

Все перечисленные события нашли отражение на приведённом на рис. 8 графике изменения уровня Чёрного моря в плейстоцен—голоценовое время.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основные абразионные элементы поверхности шельфа (террасы и разграничивающие их уступы) сформировались в плейстоцене [14]. Регрессивно-трансгрессивные процессы существенно влияли на скорость осадконакопления и формирование подводных террас. Морские осадки, древнее карангатских, могли сохраниться только на опускающихся участках шельфа или на краю поднимающихся с малыми скоростями. На остальном

шельфе они разрушаются и переотлагаются в период карангатской трансгрессии [15].

На сейсмической записи видно, что характер слоистости меняется при переходе от внешней части погруженного шельфа к крутому склону. Это указывает на смену мелководных прибрежно-шельфовых фаций на более глубоководные склоновые.

Сейсмостратиграфический и секвентный анализ позволяет сделать вывод о низком уровне чаудинского бассейна, на который, в частности, указывают эрозионные врезы. Дальнейшее развитие трансгрессии привело к затоплению эрозионных ложбин, и заполнению их осадочными трансгрессивными образованиями, что мы наблюдаем в интервале сейсмокомплекса СК-2. От последующего древнеэвксинского водоёма чаудинский отделён глубокой и продолжительной регрессией, во время которой уровень моря упал на 40–60 м, что установлено по глубине врезания палеодолин на побережьях и по материалам НСАП на шельфе.

Во время максимального развития ранней древнеэвксинской трансгрессии происходила усиленная морская абразия берегов, что приводило к накоплению в прибрежных мелководных грубого терригенного материала, а на шельфе песчано-глинистых осадков. В период с начала среднего плейстоцена до первой половины позднего плейстоцена на месте Чёрного моря существовал обширный полуморской и морской водоём. По ряду характеристик бассейн резко отличался от предыдущего (древнеэвксинского) и последующего (новоэвксинского) водоёмов [16].

Зафиксированные на профилях НСАП косослоистые тела, представляющие собой аккумулятивно-абразионные образования, формировались в регрессивные эпохи, отвечающие четвертичным оледенениям. Карангатской трансгрессии предшествовала глубокая послезунларская регрессия, которая развивалась во время предшествовавшего оледенения.

Карангатская трансгрессия самая обширная морская межледниковая трансгрессия, когда-либо развивавшаяся в Чёрном море [17]. Она находит свое отражение на разрезах НСАП в виде трансгрессивного комплекса высокого стояния. Уровень карангатского моря превысил современный уровень. Море затопило значительные площади и вторглось в эрозионные ложбины. При оценке разнородности слоистых пачек отложений в осадках, объединённых в составе сейсмокомплексов СК-3, СК-4 и СК-5

и определенного в скважинах ИГИ на структуре “Глубокая” возрастного диапазона накопления осадков, можно заключить, что период накопления отложений охватывает непрерывный этап истории существования осадочного бассейна (древнеэвксинского, узунларского, карангатского и посткарангатского).

Новоэвксинский сейсмокомплекс СК-6 фиксирует низкое стояние уровня Чёрного моря во время последней стадии валдайского оледенения. В это время формируются барьерные формы берегового рельефа. Новоэвксинское время отмечено крупными регрессивными событиями в истории Чёрного моря. Уровень моря в это время был на 90 метров ниже современного, и значительная часть шельфа Чёрного моря была осушена и представляла собой аллювиальную равнину. Детальный анализ палеорельефа и отложений позволил с высокой степенью вероятности протрассировать русла тогдашних рек [18]. Хорошо прослеживаются также палеорусла и других крупнейших рек Кубани и Дона. Палеодон пересекал в субмеридиональном направлении осушенную акваторию Азовского моря. Устья рек открывались в море в пределах современного материкового склона [19, 20]. Береговая линия новоэвксинского моря, располагалась на современной глубине 90 м, имела абразионные и аккумулятивные участки, при этом абразионные преобладали, что связано с преобладанием с регрессионных процессов. Междолинные пространства территории осушенного шельфа занимали также фрагменты морских террас, оставшиеся от более ранних трансгрессивных стадий развития региона. Аккумулятивные берега регрессивного новоэвксинского бассейна отличались преобладанием низких террас, серий береговых валов и широких пляжей. В ходе развития голоценовой трансгрессии барьерные формы распались на ряд локальных абразионно-аккумулятивных образований, которые представляют собой серию древних генераций береговых валов.

Новочерноморская трансгрессия похожа на межледниковую карангатскую трансгрессию. В связи с эвстатическим поднятием уровня моря, были затоплены прибрежные низменности и пониженные части речных долин. Это явление прежде всего было связано с эвстатическим поднятием уровня моря. Вертикальные тектонические движения здесь играли второстепенную роль. С развитием новочерноморской трансгрессии связана абразия берегов. Современный аккумулятивный берег Чёрного моря

представлен в основном различными лагунными и лиманными формами, характерными для северного Причерноморья.

ВЫВОДЫ

1. Полигоны секвенсстратиграфических исследований целесообразно располагать на площадях современного шельфа, сложенного кайнозойскими отложениями, пройденных скважинами и изученных высокочастотной сейсмоакустикой.
2. В осадочном чехле шельфа Крыма в плейстоцен-голоценовом интервале обнаружены следы погрёбённых речных палеодолин и их продолжение в виде подводных каньонов на склоне и в абиссальной котловине.
3. К русловым отложениям палеорек приурочены скопления газа. Эти скопления и их выходы на поверхность газа зафиксированы непрерывным сейсмоакустическим профилированием и акустическим зондированием.
4. По кривой эвстатических колебаний уровня моря в разрезе намечены поверхности максимального затопления, секвенции и системные тракты.
5. Выделены трансгрессивные и регрессивные циклы в плейстоцен-голоценовое время и связанные с ними абразионно- аккумулятивные процессы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам Геологического института РАН Ю.А. Воложу и М.П. Антипову, а также сотруднице компании Геопрайм Т.В. Ольневой за ценные консультации.

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования проведены в рамках государственного задания по теме № FMWE-2024-0024, экспедиционные исследования выполнены в Центре коллективного пользования “Научно-исследовательское судно “Профессор Водяницкий”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хортон А.В., Римский-Корсаков Н.А., Пронин А.А. и др. Сейсмостратиграфические исследования крымского шельфа методом непрерывного сейсмоакустического профилирования // Доклады

- Российской академии наук. Науки о Земле. 2023. Т. 512. № 2. С. 295–301.
2. Римский-Корсаков Н.А., Бурдиян Н.В., Лесин А.В. и др. Геолого-геофизические исследования на шельфе полуострова Крым в 115-м рейсе НИС “Профессор Водяницкий” // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 8. С. 38–43.
 3. Khortov A.V., Pronin A.A., Rimsky-Korsakov N.A., Mutovkin A.D. Gas Occurrences within the Southeastern Shelf of Crimea according to Continuous Seismoacoustic Profiling Data // Doklady Earth Sciences. 2024. 519 (2). P. 2072–2079.
 4. Мысливец В.И., Римский-Корсаков Н.А., Коротаев В.Н. и др. Морфоструктура и строение осадочного покрова внутреннего шельфа Западного Крыма // Океанология. 2019. Т. 59. № 6. С. 1063–1073.
 5. Димитров О.В., Друщиц В.В. Новые данные об относительных изменениях уровня Черного моря четвертичного периода // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2003. Т. 11. № 4. С. 101–107.
 6. Сорокин В.М., Куприн П.Н. О характере подъема уровня Черного моря в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2007. № 5. С. 40–46.
 7. Vail P.R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part I: Seismic stratigraphy interpretation procedure (Ed. A.W. Bally) // Atlas of seismic stratigraphy: AAPG Studies in Geology 27. 1987. V. 1. P. 11–14.
 8. Карогодин Ю.Н., Арментроут Дж. Анализ основных понятий и терминов литмологии и секвенс-стратиграфии // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 7. С. 3–11.
 9. Позаментьер Г., Аллен Дж.П. Секвенсная стратиграфия терригенных отложений. Основные принципы и применение. М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. 436 с.
 10. Малышева Е.О., Копачевич Л.Ф. Стратиграфия секвенций или секвенная стратиграфия / В кн.: Геология для нефтяников. М. — Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. С. 304–320.
 11. Антипов М.П., Бобылова Е.Е., Варшавская И.Е. Роль секвенсной стратиграфии в решении вопросов палеогеографии // Труды ГИН РАН. М.: Наука, 2005. С. 467–486.
 12. Хорт А.В., Шлезингер А.Е. Глубинное строение и особенности образования Черноморской топодепрессии в связи с перспективами нефтегазоносности. Научно-технический сборник // Вести газовой науки. 2015. № 2 (22). С. 63–68.
 13. Шлезингер А.Е. Региональная сейсмостратиграфия // Тр. ГИНРАН. Вып. 512. М.: Научный мир, 1998. 144 с.
 14. Чепалыга А.Л. Новая концепция черноморских террас юго-восточного Крыма // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 2015. № 74. С. 90–104.
 15. Федоров П.В. Плейстоцен Понто-Каспия. М.: Наука, 1978. 165 с.
 16. Щербаков Ф.А. Материковые окраины в позднем плейстоцене и голоцене. М.: Наука, 1983. 213 с.
 17. Янина Т.А. Неоплейстоцен Понто-Каспия: био-стратиграфия, палеогеография, корреляция. М.: МГУ, 2012. 264 с.
 18. Пасынков А.А., Вахрушев Б.А. Факторы и критерии морфоструктурного районирования и основные типы морфоструктур северо-запада Черного моря // Геоморфология. 2019. № 3. С. 68–82. <https://doi.org/10.31857/S0435-42812019368-82>
 19. Корсаков О.Д., Юнов А.Ю. О строении некоторых участков континентального склона северной части Черного моря / В кн.: Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. Изд-во Киевского ун-та, 1970. Вып. 4. С. 18–23.
 20. Андреев В.М., Забелина В.В., Хахалев Е.М., Шельтинг С.К. Позднеплейстоценовый глубоководный конус выноса Кубани / Тез. докладов XV Международной школы морской геологии. Т. 1. М., 2003. С. 186–187.

SEQUENCE STRATIGRAPHY OF QUATERNARY DEPOSITS OF THE CONTINENTAL MARGIN OF CRIMEA

© 2025 A. V. Khortov^{a, #}, A. A. Pronin^{a, ##}

Presented by Academician of the RAS M.A. Fedonkin May 19, 2025

^a*P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

[#]*E-mail: Khortov.av@ocean.ru*

^{##}*E-mail: pronin@ocean.ru*

The article presents the results of seismoacoustic studies of the Crimean shelf, carried out in 2018–2024 by the staff of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences, using seismoacoustic and acoustic profilers. The studies made it possible to detail the position of the shelf and slope morphoelements, clarify the seismostratigraphic reference of reflecting horizons, and perform a sequence stratigraphic analysis of the Pleistocene-Holocene part of the section of the continental margin of Crimea. As a result of the seismostratigraphic and sequence stratigraphic interpretation of seismoacoustic profiles carried out in 2018–2024 on the continental margin of Crimea in the interval corresponding to the Quaternary period, transgressive-regressive cycles and associated tracts of high and low sea level stands were identified. It was noted that regressive-transgressive processes significantly influenced the conditions of sedimentation.

Keywords: shelf, Crimea, continuous seismoacoustic profiling, sequences, high, transgressive, low standing complexes, canyon, paleochannel, Pleistocene