

УДК 551.87: 551.781.5: 551.782

Г.В. Баскакова¹, Н.А. Кулюкина², Т.А. Арзамасцева³, Н.А. Малышев⁴,
О.А. Альмендингер⁵, А.М. Никишин⁶

ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОЛИГОЦЕН-НЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

ООО «РН-Эксплорейшн», 121151, Москва, ул. Можайский Вал, 8
ПАО «НК «Роснефть», 117997, Москва, Софийская набережная, 26/1
ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские Горы, 1

LLC «RN-Exploration», 121151, Moscow, Mozhaisky Val, 8
Rosneft Oil Company, 117997, Moscow, Sofiyskaya Embankment, 26/1,
Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, GSP-1, Leninskiye Gory, 1

Рассмотрена преимущественно по сейсмическим данным эволюция глубоководной системы осадконакопления в северо-восточной части Черного моря в течение олигоцена–плиоцена. Время образования конусов выноса и эрозионных каньонов в истории развития региона сопоставлено с регрессивно-трансгрессивными этапами в Восточном Паратетисе. Выделены источники сноса обломочного материала в Туапсинский прогиб. По результатам анализа карт значений толщины и поверхностей налегания отложений со стороны прогиба на северный склон вала Шатского построена модель осадконакопления в прогибе и выявлен характер изменений его морфологии начиная с олигоценового времени. Составлены палеогеографические карты для позднего олигоцена–раннего миоцена (майкопа), среднего миоцена и плиоцена.

Ключевые слова: Черное море, Туапсинский прогиб, вал Шатского, сейсмofации, Большой Кавказ, сейсмическая геоморфология, обстановки осадконакопления, глубоководная система осадконакопления, Восточный Паратетис.

The evolution of the deep-sea sedimentation system in the north-eastern part of the Black Sea during the Oligocene–Pliocene is considered mainly on the basis of seismic data. The fans and erosion canyons formation time is presumably related to the regressive-transgressive stages in the history of the Eastern Paratethys. The source areas of detrital sediments in the Tuapse Trough are identified. The sedimentation model of the Tuapse Trough and the changes in the Trough's morphology since the Oligocene were reconstructed based on the analysis of the thickness maps and the onlap surfaces on the northern side of the Shatsky Swell. Paleogeographic maps were compiled for the Late Oligocene–Early Miocene (Maikop), Middle Miocene, and Pliocene.

Key words: Black Sea, Tuapse Trough, Shatsky Swell, seismic facies, West Caucasus, seismic geomorphology, environment of decomposition (EOD), deep water system, Eastern Paratetis.

Введение. Район работ расположен в российской акватории Черного моря и включает такие тектонические элементы, как Туапсинский прогиб, вал Шатского, северная часть Восточно-Черноморского прогиба и южный склон горно-складчатого сооружения Большого Кавказа (рис. 1). Западно-Кубанский прогиб и Северо-Западный Кавказ не являются объектом наших исследований, однако для полного понимания истории развития региона в неогене эти тектонические элементы учитывались при составлении схем обстановок осадконакопления. Большая часть территории исследований расположена в пределах Туапсинского прогиба. Это краевой прогиб перед фронтом

горно-складчатого сооружения Большого Кавказа, в качестве отдельного тектонического элемента он выделен ранее по сейсмическим данным 2D в работах Д.А. Туголесова с соавторами [1985]. Начало формирования прогиба связано с ростом орогена в позднем эоцене–олигоцене около 34 млн лет назад (л. н.). В позднеюрско-эоценовое время территория Туапсинского прогиба была частью карбонатной платформы на месте современного вала Шатского, погружавшейся в направлении глубоководного трога Большого Кавказа. В олигоцен-раннемиоценовое время (майкоп) рассматриваемая территория представляла собой глубоководный бассейн, ограниченный с юга периферийным под-

¹ ООО «РН-Эксплорейшн», старший геофизик ГГС; *e-mail*: gvbasakova@rn-exp.rosneft.ru

² ООО «РН-Эксплорейшн», вед. специалист ГГС; *e-mail*: n_kulyukina@rn-exp.rosneft.ru

³ ООО «РН-Эксплорейшн», вед. специалист ГГС; *e-mail*: t_andreeva@rn-exp.rosneft.ru

⁴ ПАО «НК «Роснефть», заместитель директора департамента геологоразведочных работ на шельфе; *e-mail*: n_malyshev@rosneft.ru

⁵ ООО «РН-Эксплорейшн», руководитель ГГС; *e-mail*: oaalmendinger@rn-exp.rosneft.ru

⁶ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, профессор; *e-mail*: nikishin@geol.msu.ru

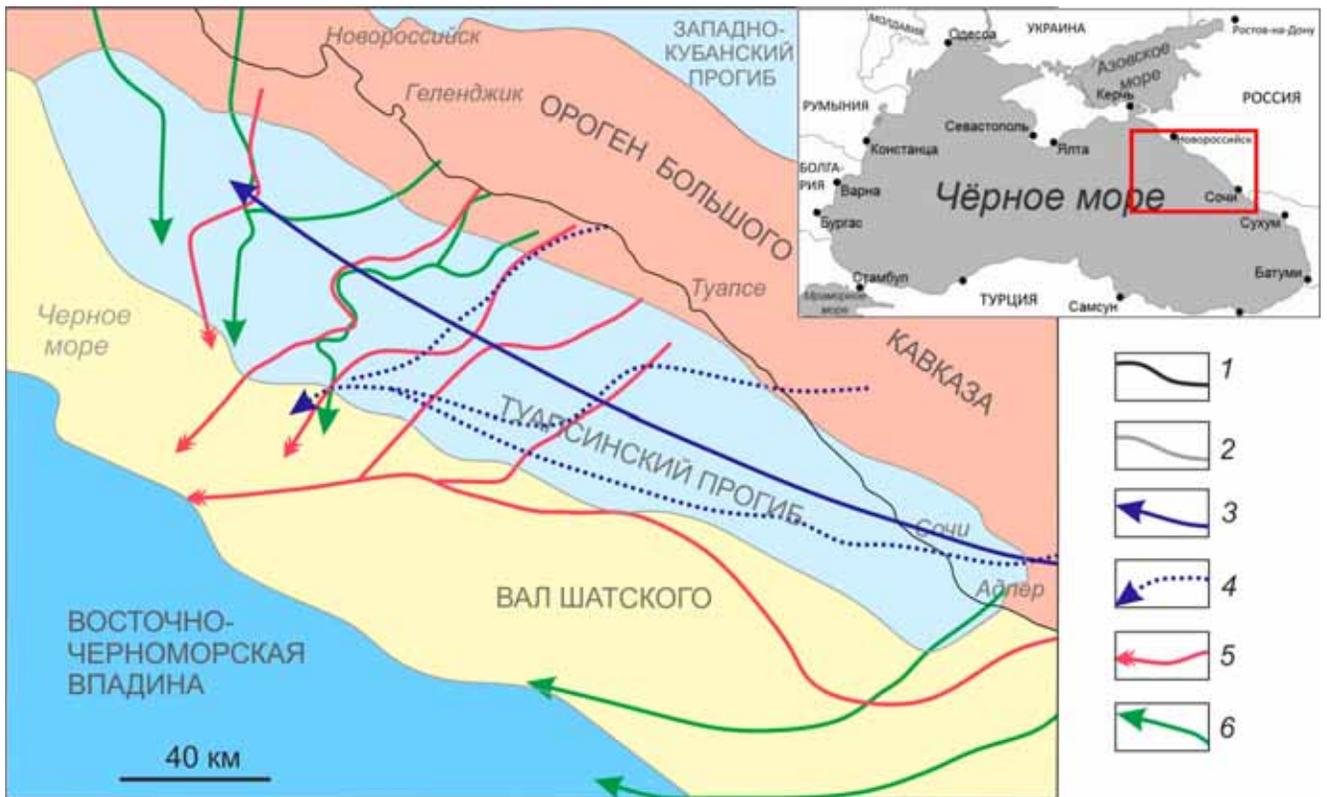


Рис. 1. Схема района работ с границами тектонических элементов и выявленными направлениями транспортировки терригенного материала (3–6) в олигоцене–плиоцене: 1 – береговая линия; 2 – границы тектонических элементов; 3 – олигоцен; 4 – поздний олигоцен–ранний миоцен; 5 – поздний сармат–меотис; 6 – поздний миоцен–плиоцен

нятием палеовала Шатского, а с севера — системой островов растущего орогена.

Историю геологического развития Восточно-Черноморского региона изучали многие исследователи. К последним работам, посвященным вопросам палеогеографии и условиям осадконакопления и учитывающим обширный фактический материал по естественным обнажениям пород, относятся работы С.В. Попова и Ю.В. Ростовцевой с соавторами [Попов и др., 2010; Popov et al., 2016; Popov et al., 2004]. Район вала Шатского изучен по материалам сейсмической съемки 2D, а часть Туапсинского прогиба — по сейсмическим данным 3D. Результаты этих работ обобщены и представлены в работах А.М. Никишина с соавторами [Афанасенков и др., 2007; Nikishin et al., 2015]. Седиментационная модель майкопских отложений в Туапсинском прогибе по сейсмическим данным 3D с учетом материалов полевых наблюдений рассмотрена в работах [Альмендингер и др., 2011; Митюков и др., 2012].

Материалы и методы исследований. В настоящее время большая часть территории Туапсинского прогиба и вала Шатского покрыта сейсморазведкой 3D. Использование сейсмических данных 3D позволяет детально рассмотреть строение осадочных отложений, интерпретировать как вертикальные, так и горизонтальные срезы сейсмического куба. Стратиграфические слайсы (срез сейсмического куба вдоль поверхности отражающего горизонта)

и пропорциональные срезы между сейсмически отражающими горизонтами (ОГ) позволяют анализировать особенности волновой картины на определенные рубежи геологического времени, а также локализовывать геоморфологически и геологически значимые особенности сейсмической записи как по площади, так и по разрезу.

Совместный анализ сейсмических атрибутов, карт значений толщины, данных скважин, результатов сравнения древних и современных аналогов условий седиментации позволяет построить схемы палеорельефа и обстановок осадконакопления. Для подобной методики анализа сейсмических данных Г. Посаментьером введены термины «палеогеоморфологический анализ» или «сейсмическая геоморфология» [Posamentier et al., 2003, 2016]. Сейсмическая геоморфология представляет собой направление, основанное на анализе совокупности разных видов информации, получаемой из сейсмических данных 3D в сочетании с результатами сейсмостратиграфических исследований, что позволяет восстанавливать палеообстановки осадконакопления. Реконструкция истории развития осадочного бассейна в малоизученных бурением районах позволяет надежнее определять области потенциально нефтегазоперспективных направлений и участков и снимать часть геологических рисков при анализе конкретных поисковых объектов.

Новые сейсмические данные 3D и их детальный анализ позволили пересмотреть и существенно

дополнить результаты предыдущих исследований [Афанасенков и др., 2007; Митюков и др., 2012; Никишин и др., 2012]. Выделение элементов глубоководной системы осадконакопления проводилось с использованием сейсмических атрибутов вдоль ОГ, спектральной декомпозиции и особенностей волновой картины сейсмической записи. Основное внимание уделялось особенностям волновой картины, которые позволяют судить о возможных обстановках осадконакопления в то или иное геологическое время. Для характеристики каждого интервала разреза на изучаемой территории была проведена типизация сейсмических фаций и соответствующих им условий осадконакопления (рис. 2, 3). Сейсмические фации выделялись на основе анализа совокупности параметров, таких, как непрерывность отражений, т.е. выдержанность ОГ по площади, амплитуда и частота отражений, внутренняя геометрия сейсмических отражений и форма осей синфазности, вид на стратиграфическом слайсе и др.

Палеогеографическая подложка составлена с учетом соответствующих рассматриваемым интервалам разреза карт значений толщины и опубликованных ранее региональных карт для области Паратетиса [Popov et al., 2004].

Стратиграфическая привязка сейсмокомплексов основана на данных глубоководного бурения сопредельных территорий [Никишин и др., 2012; Maunard et al., 2020; Nikishin et al., 2015; Ross et al., 1978]. Информация со скважин позволяет оценить возраст некоторых сейсмокомплексов с характерной волновой картиной на разрезах. Однако некоторые неопределенности в стратификации миоцен-плиоценовых отложений все же остаются и связаны с различиями в датировании отложений среднего миоцена–плиоцена, приведенными в разных источниках. Для определения возраста сейсмокомплексов нами использована стратиграфическая шкала Восточного Паратетиса [Попов и др., 2010].

В основу предположений о литологическом составе пород и обстановках осадконакопления, помимо данных глубоководного бурения, были также положены результаты изучения обнажений пород на Таманском п-ове, в Краснодарском крае (северный склон Большого Кавказа), в Сочи-Адлерском районе и Абхазии (рис. 4). Отметим, что отложения с аналогичными условиями осадконакопления в среднем миоцене–голоцене в районе работ на суше не выявлены. Предполагается, что в литологическом составе отложений в районе работ содержится меньшее количество карбонатной составляющей.

Геоморфологический анализ позволяет детально оценить обстановки осадконакопления на каждый рассматриваемый момент времени. Ограничение метода связано лишь с детальностью данных сейсморазведки. Для региональных исследований нами выбрано шесть интервалов, которые

позволили восстановить историю геологического развития изучаемого региона. Представленные схемы обстановок осадконакопления отвечают следующим стратиграфическим интервалам: олигоцен (ранний–средний майкоп), конец олигоцен–начало раннего миоцена (средний майкоп), конец раннего миоцена (конец позднего майкопа), средний миоцен (чокрак–средний сармат), поздний миоцен (поздний сармат–меотис) и поздний миоцен–плиоцен (понт–киммерий). Каждый из них характеризует определенный этап развития рассматриваемой территории. Представленные схемы охватывают длительные периоды времени с чередой регрессий и трансгрессий, но в целом отражают условия осадконакопления на этапах регрессии и максимального выноса осадочного материала в глубоководную часть бассейна. Эти этапы наиболее интересны с точки зрения поиска зон развития потенциальных коллекторов. Этапы трансгрессии, не отраженные в виде карт, будут отвечать времени образования потенциальных покрышек (рис. 4).

Результаты исследований и их обсуждение.
Анализ волновой картины майкопских отложений. Наиболее полно разрез майкопской серии представлен на территории Туапсинского прогиба, в котором он изучен только по сейсмическим данным. На суше отложения майкопа исследованы в обнажениях Сочи-Адлерского района, где они представлены преимущественно глинисто-алевритистой толщей с прослоями турбидитовых песчаников [Митюков и др., 2012]. В волновой картине для этого сейсмокомплекса выделяются следующие типы сейсмической записи: параллельная, субпараллельная, холмообразная, хаотическая и русло. На сейсмических разрезах майкопский комплекс, сложенный глинисто-алевритистыми отложениями, характеризуется относительно высокочастотными, протяженными, параллельными и субпараллельными отражениями. Амплитуды отражений переменные, с относительными значениями от низких до средних, что зависит от степени дислоцированности пород (в зонах с активной тектонической деятельностью амплитуда отражений меньше, чем в более тектонически стабильных зонах) и однородности литологического состава отложений. Такая картина отражений — признак относительно глубоководных условий осадконакопления.

Яркие субпараллельные отражения разной степени протяженности, а также холмообразные сейсмofации, выраженные локальным повышением амплитуды отражения, характеризуют отложения конусов выноса, питающих и подводящих каналов (рис. 2). По морфологии стратиграфических срезов, взаимоположению отражений внутри комплекса и сопоставлению с волновыми картинками аналогов [Posamentier et al., 2003, 2016] сделано предположение о принадлежности выделенных

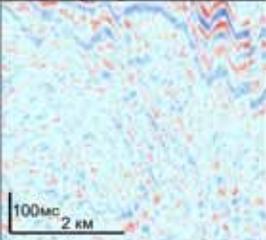
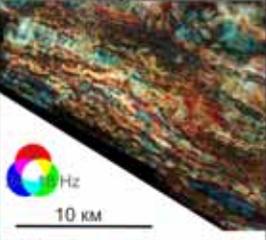
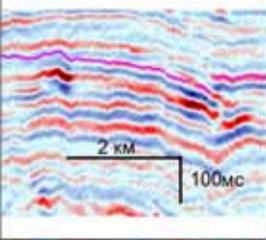
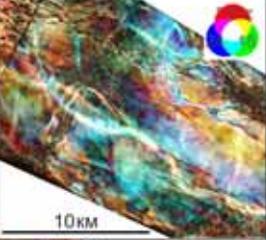
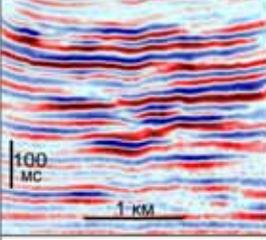
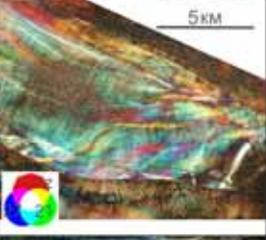
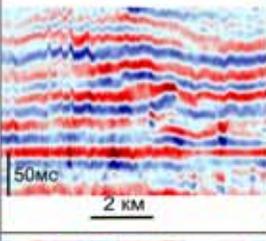
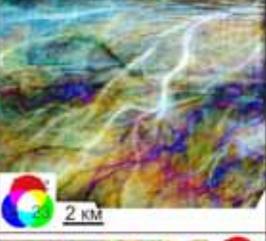
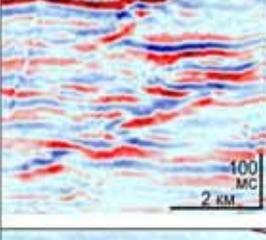
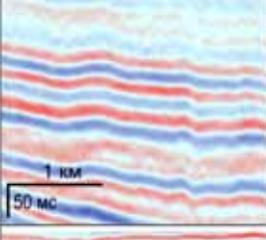
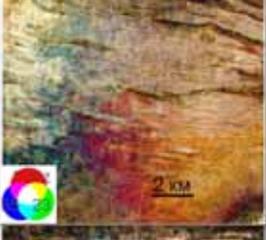
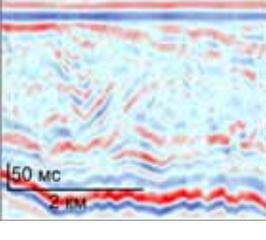
Сейсмофация		Характер волнового поля	Предполагаемый состав и условия осадконакопления
Вертикальный разрез	Горизонтальный срез		
		Неяснослоистые и субпараллельные отражения, низкоамплитудные, высокочастотные. Кроме литологического состава, амплитуда зависит от степени дислоцированности данных отложений	Отложения нижнего майкопа, преимущественно глубоководные глинистые, сильно дислоцированные в позднем миоцене/плиоцене. Глубина палеобассейна предположительно более 500 м
		Среднеамплитудные субпараллельные отражения разной степени протяженности с локальным увеличением амплитуды и уменьшением частоты, отвечающие на горизонтальных слайсах линейным объектам	Фаши осевой части глубоководного конуса выноса, характерны для глубоководных отложений нижнего майкопа. Системы палеоканалов в разрезах обнажений Сочи-Адлерского района, заполнены в основном песчаниками
		Высоко- и среднеамплитудные субпараллельные отражения разной степени протяженности, с локальным увеличением амплитуды. На горизонтальном слайсе – система расходящихся линейных объектов в виде «русел»	Фаши проксимальной части конуса выноса, для которой характерно наличие распределительных каналов и лопастей. По литологическому составу предположительно песчаные, с прослоями глинистого и алевролитового материала, который накапливается в периоды повышения уровня моря
		Среднеамплитудные, с локальным увеличением амплитуды, субпараллельные или расходящиеся отражения с холмистым налеганием на подошву комплекса. На горизонтальном слайсе – сеть многочисленных ветвящихся каналов	Фаши центральной и дистальной частей конуса выноса с распределительными каналами и лопастями, сложенными тонкозернистым песчаником и алевролитом, с глинистыми прослоями
		Средне- и высокоамплитудные субпараллельные прерывистые отражения. В подошве выделяется граница эрозионного врезания в подстиляющие отложения. На горизонтальных слайсах выделяются линейные тела	Фаши проксимальной части конуса выноса, близкой к переходной зоне от основного канала – «входной точки». Система вложенных каналов. Заполнены предположительно песчаниками, с постепенным уменьшением зернистости вверх по разрезу
		Параллельные протяженные отражения разной степени динамической выразительности в зависимости от однородности фациального состава. Амплитуды от средних до низких. Однородная область на горизонтальных слайсах с системой трещин и разломов	Фаши глубоководных условий осадконакопления на удалении от источников сноса, представленные пелагическими глинами с небольшими прослоями алевролитов
		Хаотическая низкоамплитудная сейсмическая запись, внутренние отражения разной протяженности с переменными амплитудами. В кровле и подошве пакки выделяются границы несогласия. Чешуйчатый рисунок на горизонтальных слайсах	Отложения транспорта осадков – оползневые потоки связаны с гравитационными силами на склоне. В толще встречаются олистолиты размером до км, которые хорошо выделяются на горизонтальных срезях

Рис. 2. Сейсмофации, выделенные в разрезе отложений олигоцен-раннемиоценового возраста (майкопский комплекс)

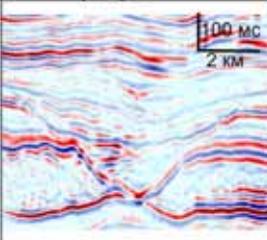
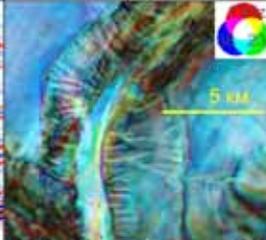
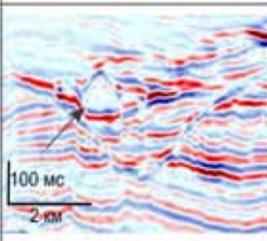
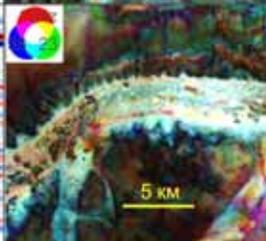
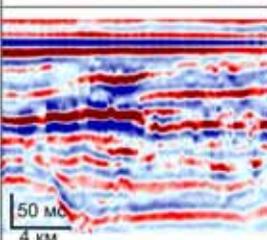
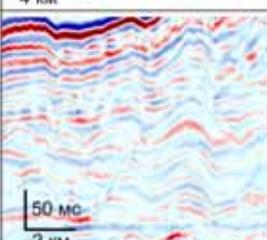
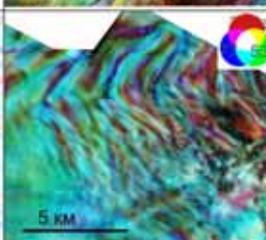
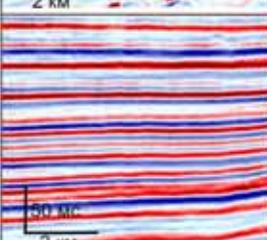
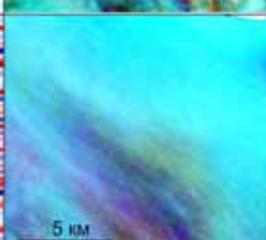
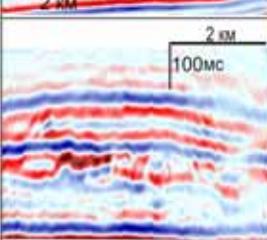
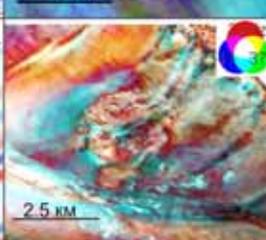
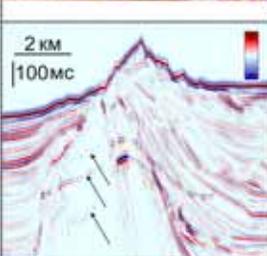
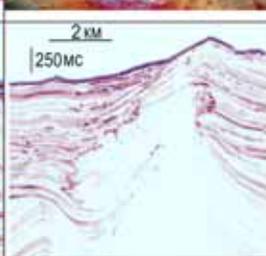
Сейсмофация		Характер волнового поля	Предполагаемый состав и условия осадконакопления
Вертикальный разрез	Горизонтальный срез		
		Сейсмофация «русло» характеризуется эрозивным срезанием подстилающих отложений. Волновая картина заполнения канала: параллельно-слоистая, акустически прозрачная или хаотическая с отдельными яркими отражениями. На горизонтальных слайсах выделяются канал в центральной части каньона и овраги на бортах	Врезанные каньоны. Подобные каньоны образуются в районе бровки шельфа при падении уровня моря. Глубина палеобассейна в районе каньонов предположительно до 200 м. На территории работ выделено два каньона
		Характеристика внутреннего заполнения каналов — изометричные объекты, акустически прозрачные. На горизонтальных слайсах выделяются в виде округлых объектов разного размера	Изображение олистолитов в центральной части каньона. Размеры некоторых до 1,5 км. На слайсах видны следы волочения. Сложены предположительно карбонатными породами с северного борта вала Шатского
		Высоко- и среднеамплитудные, субпараллельные отражения разной степени протяженности, с локальным увеличением амплитуды. На горизонтальном слайсе — сеть многочисленных ветвящихся каналов	Фация проксимальной части конуса выноса с подводящими каналами и лопастями. Обстановки осадконакопления: глубоководные, дно бассейна, недалеко от подножия склона
		Волнистые, субпараллельные, низкоамплитудные отражения. На горизонтальных слайсах параллельные, волнистые протяженные линии. Расстояние между хребтами зависит от расстояния от подножия склона	Фации, отождествляемые с осадочными волнами. Их образование может быть связано как с подводными течениями, так и с гравитационными процессами; характерны для склона с небольшим углом падения, вблизи его подножия
		Субпараллельные, горизонтальные, высокочастотные протяженные отражения с разной динамической выразительностью в зависимости от однородности фациального состава. Однородная область на горизонтальных слайсах	Фации глубоководных условий осадконакопления, характеризуются выдержанностью толщины, представлены глинисто-алевритовой толщей, возможны тонкие прослои песчаников
		Среднеамплитудные, линзовидные отражения разной степени протяженности. На горизонтальном слайсе видны прямолнейные каналы и лопасти без питающих каналов	Фации, отождествляемые с мутьевыми потоками и оползнями с локальных источников сноса в виде растущих складок. Локальные потоки впадают в более крупные с удаленных источников сноса, что ведет к неоднородности в сортировке осадочного материала
		Яркие отражения, имеющие противоположную фазу относительно дна моря. Повторяют морфологию палеодна. Граница связана с зонами стабильности газогидратов (BSR) — фазовым переходом газа в свободное состояние	Акустически прозрачные тела изометричной формы на горизонтальных слайсах. Приурочены к разрывным нарушениям, связаны с грязевым вулканизмом в верхнемiocен-голоценовом интервале разреза Туапсинского прогиба

Рис. 3. Сейсмофации, выделенные в разрезе отложений среднемиоцен-голоценового возраста

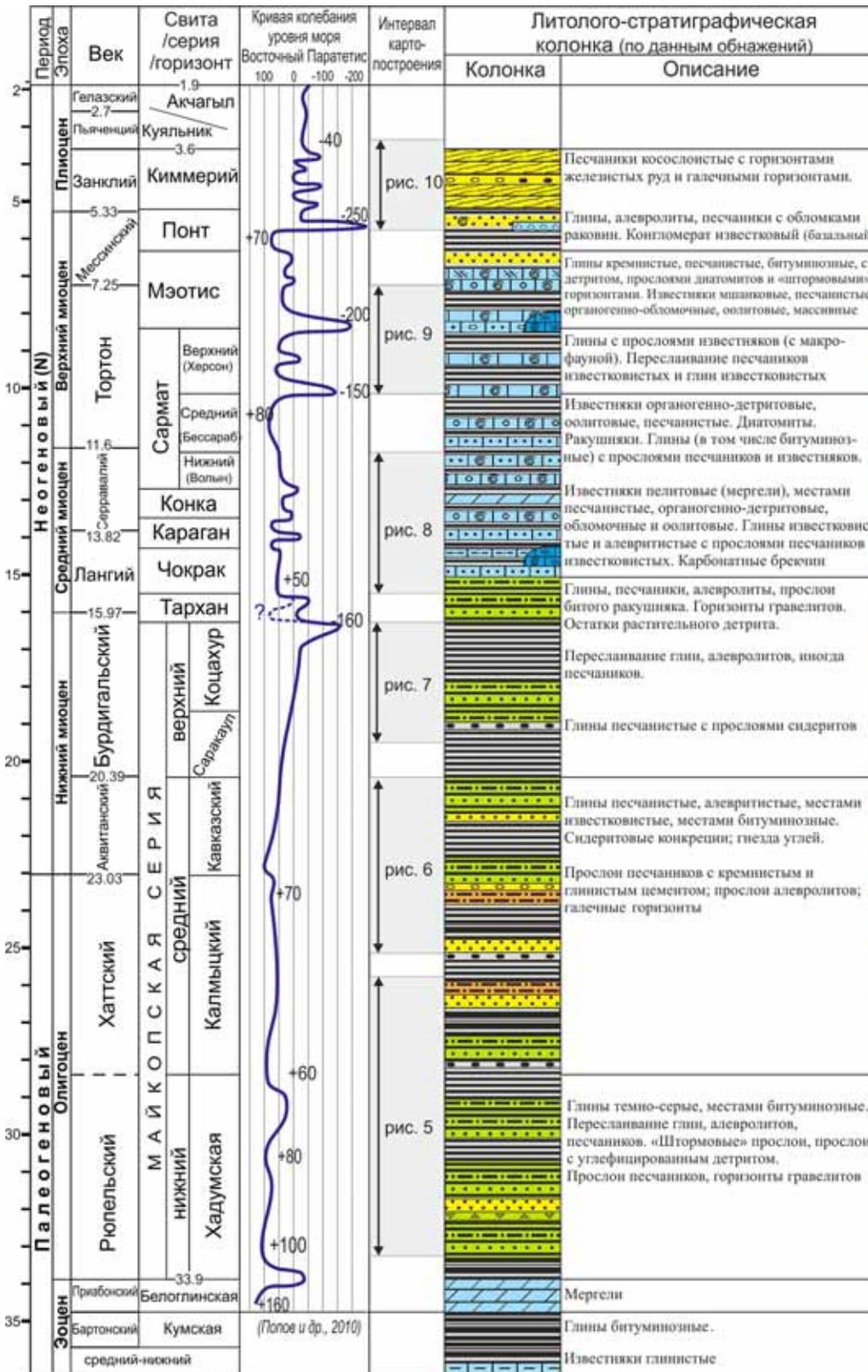


Рис. 4. Обобщенная литолого-стратиграфическая колонка, построенная по результатам полевых работ на Таманском п-ове и в Краснодарском

крае, с выделенными интервалами построения схем условий осадконакопления: 1 — глины, аргиллиты; 2 — глины битуминозные; 3 — песчаники; 4 — алевролиты; 5 — глины с прослоями алевролитов и песчаников; 6 — известняки; 7 — мергели; 8 — известняки глинистые; 9 — известняки алевролитистые; 10 — известняки песчаные; известняки: 11 — органогенно-детритовые: 12 — оолитовые, 13 — мшанковые, 14 — песчаные; 15 — песчаники косослоистые; 16 — конкреции железистые; 17 — горизонты галечников; 18 — горизонты гравелитов; 19 — конгломерат известковый; 20 — несогласия

сейсмофаций к разным частям глубоководной системы и соответствующих условиях осадконакопления рассматриваемых комплексов.

Отдельный блок сейсмофаций отнесен к отложениям транспортированных осадков (отложения масс-транспорта, или МТС/МТД по зарубежной терминологии), образующихся при оползании осадочных толщ по склону [Posamentier et al., 2006]. Эти отложения характеризуются хаотичной волновой картиной с низкой амплитудой. Внутри комплекса встречаются яркоамплитудные включения и прерывистые наклонные отражения. На слайсах хорошо выделяются внутренние особенности строения комплекса, например обособляются олистолиты с поперечным размером до 1 км. Присутствие отложений транспорта масс в разрезе также характерно для относительно глубоководных условий осадконакопления. На рассматриваемой территории наличие в разрезах комплексов МТС связано с началом активизации тектонических движений и горообразованием в пределах Большого Кавказа.

Анализ волновой картины среднемиоцен-плиоценовых отложений. Наиболее полный разрез среднемиоценовых отложений представлен в западной части вала Шатского и в южной части Туапсинского прогиба. В толщах среднего миоцена Таманского п-ова наряду с глинами присутствуют карбонатные образования. Отложения представлены глинами известковистыми и алевролитистыми, содержащими прослой карбонатных пород, а также местами мшанковые и строматолитовые известняки. В разрезах обнажений пород верхнего миоцена Сочи-Адлерского района преобладают конгломераты с прослоями песчаников разной зернистости, глины однородные плитчатые, с многочисленными отпечатками листьев.

На территории Туапсинского прогиба и вала Шатского в волновой картине среднемиоцен-плиоценового комплекса по аналогии с майкопским интервалом разреза выделяются следующие виды сейсмической записи: параллельная, субпараллельная, волнистая, холмообразная, русло и хаотическая. Они отвечают вмещающей глинисто-алевритистой толще, глубоководным конусам выноса и каналам. Кроме того, выделяются сейсмофации типа BSR, вулкан, осадочные волны и каньон (рис. 3).

Граница BSR, связанная с зоной стабильности газогидратов, выделена на сейсмических разрезах на всей территории акватории Черного моря. Она расположена в интервале разреза 450–500 м от дна моря. На территории Туапсинского прогиба эта граница уверенно просматривается в районах проявления складчатых деформаций, поскольку здесь она сечет напластование слоев. На вале Шатского и в Восточно-Черноморской впадине, где слои залегают субгоризонтально, эта граница трассируется по локальному увели-

чению амплитуды сейсмического отражения и раздвоению фаз.

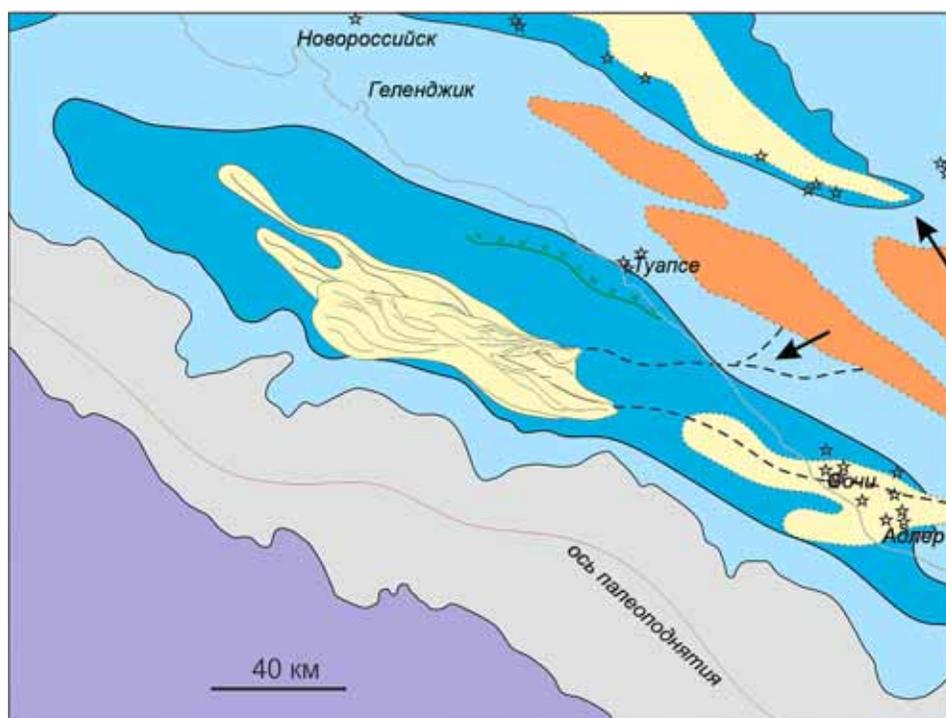
В пределах северо-восточной части Черного моря широко развит грязевой вулканизм. Зоны его проявления тяготеют к разрывным нарушениям. На территории Черного моря в рамках исследований, выполненных сотрудниками Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по программе «Плавучий Университет», грязевые вулканы выявлены в прогибах Сорокина, Туапсинском и Керченско-Таманском, где они приурочены главным образом к тектоническим нарушениям. В Туапсинском прогибе грязевой вулканизм развит преимущественно в западной части, что связано здесь с более глинистым составом майкопских отложений по сравнению с таковыми в восточной части прогиба.

Сейсмофации «осадочные волны» на разрезах представлены параллельными волнистыми отражениями. На стратиграфических слайсах участки с такими отражениями выстраиваются в линии. На рассматриваемой территории эти сейсмофации появляются в отложениях верхнего майкопа и далее прослеживаются во всех верхних интервалах разреза вплоть до современных осадков. Осадочные волны образуются вблизи подножия склона и часто приурочены к глубоководным каналам. Их формирование чаще всего связывают с подводными течениями, однако при этом исследователи не исключают и гравитационную составляющую при их образовании.

Сейсмофация каньон выделяется в разрезе по характерному эрозионному несогласию в отложениях среднего миоцена в пределах восточной части вала Шатского. Ширина каньона около 10 км. На стратиграфических слайсах спектральной декомпозиции отчетливо проявляется внутреннее строение стенки каньона. Ранее подобные каньоны были выделены по сейсмическим данным 2D и отнесены к речной долине, образовавшейся в период резкого падения уровня моря [Афанасенков и др., 2005]. Отличить по сейсмической волновой картине каньон, сформированный флювиальными процессами, от подводного каньона не всегда представляется возможным, так как морфологическое строение каньонов практически идентично. Однако характер заполнения каньонов осадками различен: в «сухопутных» каньонах наблюдается латеральное наращивание материала, а в подводных каньонах происходит заполнение его центральной части (по материалам онлайн-лекции Г. Посаментьера [AAPG, 2020]).

Выделенные особенности волновой картины и анализ характерных для них условий осадконакопления совместно с картами значений толщины использованы нами в дальнейшем для построения схем обстановок осадконакопления в пределах Туапсинского прогиба и вала Шатского в майкопское время.

Рис. 5. Схема условий осадконакопления в олигоцене (ранний–средний майкоп). Условные обозначения см. на рис. 6 и 11



Развитие глубоководной системы осадконакопления в майкопское время. Отложения майкопа на прилегающей к изучаемому региону суше подразделяются на нижние, средние и верхние. Под нижнем майкопом подразумеваются отложения рюпельского яруса олигоценового отдела, под средним — породы хаттского отдела олигоцена и аквитанского яруса нижнего миоцена, а под верхним майкопом — отложения бурдигальского яруса нижнего миоцена [Митюков и др., 2012]. В Туапсинском прогибе по сейсмическим данным также можно выделить три сейсмокомплекса, для которых и были построены палеогеографические схемы.

Олигоцен (ранний–средний майкоп). В конце эоцена–начале олигоцена произошло быстрое углубление территории на месте Туапсинского прогиба до глубины не менее 500 м. Сам прогиб в начале олигоцена представлял собой узкий глубоководный трог, вытянутый в северо-западном направлении. Максимальные значения толщины отложений нижнего майкопа были приурочены к центральной части трога. Вблизи отражающего горизонта (ОГ), отождествляемого с кровлей рюпельского яруса, по сейсмическим атрибутам выделяются единичные глубоководные каналы, расположенные вдоль оси палеопроггиба, по которым осуществлялся перенос терригенного материала. По геометрии выделяемых каналов источник сноса находился на востоке (в современных координатах). Осадочный материал поставлялся речной системой палеодолин рек Мзымта и Бзыбь, истоки которых предположительно находились в центральной части Большого Кавказа. Другие ранее предполагаемые источники сноса терри-

генного материала с севера и северо-запада для отложений нижнего майкопа нами не выделены. Выше по разрезу каналы сменились системой конусов выноса, также расположенных вдоль оси палеопроггиба (рис. 5). Песчаники нижнего майкопа исследованы в обнажениях Сочи-Адлерского района. Минеральный состав их преимущественно кварцевый, генезис — заполнение глубоководных каналов [Митюков и др., 2012].

Вал Шатского представлял собой подводное поднятие. На сейсмических разрезах выделяется налегание осадочных слоев на вал со стороны Туапсинского прогиба. Породы нижнего майкопа предположительно представлены здесь конденсированными отложениями с сильно сокращенной мощностью относительно осадочных образований в краевом прогибе.

Территория современной Восточно-Черноморской впадины в раннем майкопе была расположена в пределах глубоководного бассейна.

Средний майкоп. В позднеолигоцен-раннемиоценовое (средний майкоп) время южная граница Туапсинского прогиба смещалась в сторону вала Шатского (рис. 6). Северный склон палеовала Шатского был расположен на борту прогиба, а южный — на борту глубоководной Восточно-Черноморской впадины с проявленными здесь в разрезе эрозионными процессами. Центральная часть вала представляла собой периферийное палеоподнятия, которое перекрывалось конденсированными отложениями. По сейсмическим данным в Туапсинском прогибе выделяются системы конусов выноса с подводящими каналами в западной части прогиба и комплексы отложений транспорта масс на востоке. Положение конусов

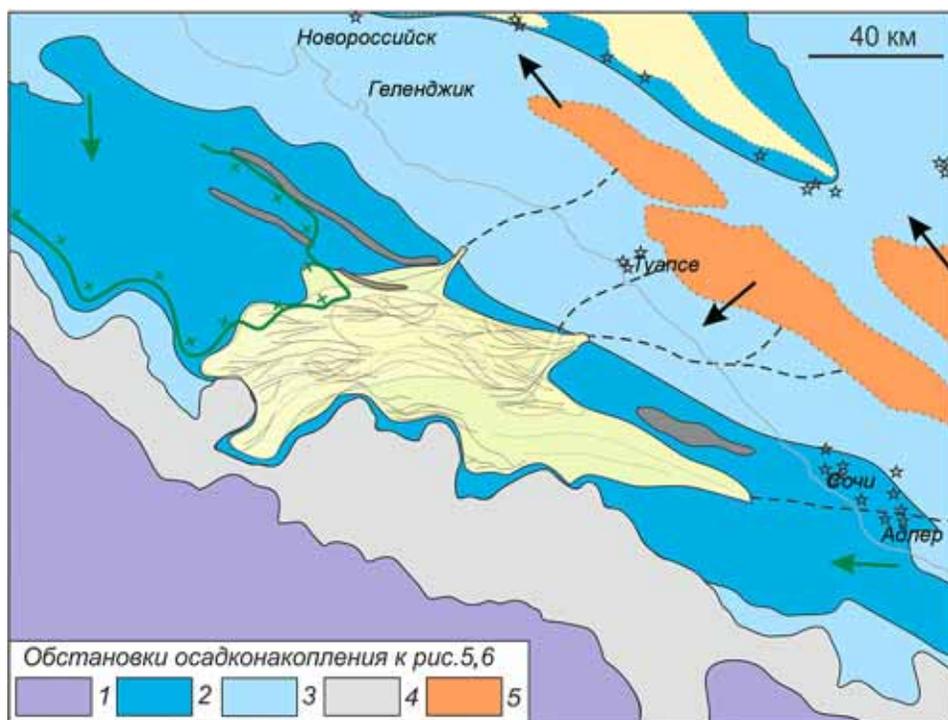


Рис. 6. Схема условий осадконакопления в позднем олигоцене—раннем миоцене (средний майкоп). Условные обозначения см. на рис. 11. Обстановки осадконакопления: 1 — глубоководный бассейн и континентальный склон; 2 — глубоководная впадина на краевом прогибе; 3 — шельф; 4 — подводное поднятие на дне бассейна; 5 — зоны воздымания и денудации

выноса изменяется относительно оси прогиба в направлении палеовала Шатского. По положению подводящих каналов для этого времени можно выделить как минимум два крупных источника сноса — с востока и северо-востока.

В разрезе среднего майкопа на территории Туапсинского прогиба выявлено два комплекса отложений транспорта масс (оползневые комплексы, mass transport complex/deposits в зарубежной литературе). На горизонтальных срезах внутри комплекса выделяются олистолиты с размерами до 500 м. Схожие отложения представлены также в разрезах естественных обнажений пород в районе Агойского пляжа вблизи г. Туапсе. Модель формирования осадков транспорта масс представлена в публикациях [Никишин и др., 2012; Bull et al., 2009; Posamentier et al., 2003, 2006; Tari et al., 2018]. Формирование этого комплекса в Туапсинском прогибе предположительно связано со структурно-морфологическими изменениями палеодна бассейна в связи с началом орогенических процессов на месте Большого Кавказа. Эта гипотеза их формирования подтверждается наличием углового несогласия на сейсмических разрезах в северной части вала Шатского и ростом складок в Туапсинском прогибе. Нами было сделано предположение о наклоне палеосклона на юг по направлению движения МТС (зеленая стрелка на карте).

Конец раннего миоцена (поздний майкоп). Представленная схема отвечает условиям осадконакопления на конец майкопа. К концу раннего миоцена происходило заполнение краевого Туапсинского прогиба осадками, сносимыми с орогена Большого Кавказа. Небольшие по площади конусы выделяются в центральной части района работ

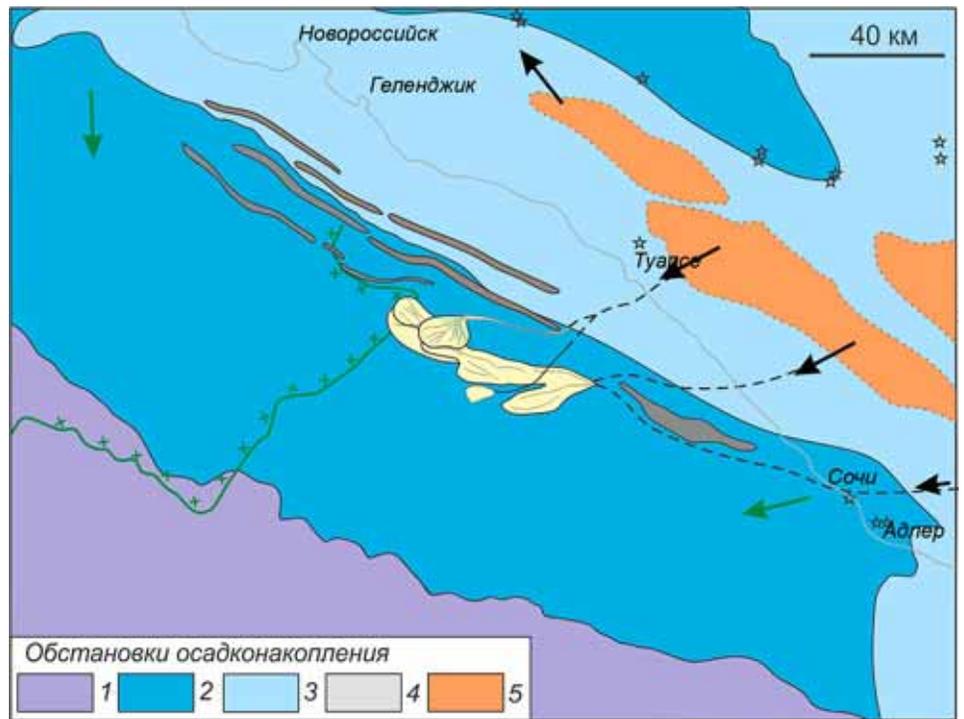
(рис. 7). Наличие турбидитовых песчаников в отложениях верхнего майкопа отмечено в разрезах обнажений Сочи-Адлерского района. Однако в целом система майкопских конусов выноса на территории Туапсинского прогиба постепенно перестала формироваться. Вал Шатского и Туапсинский прогиб были перекрыты единым чехлом осадочных образований верхнего майкопа.

В этом интервале разреза выделяется один комплекс МТС, охватывающий более обширную площадь, чем нижележащие. По кровле указанного МТС проведен отражающий горизонт, отождествляемый с кровлей майкопских отложений.

Развитие глубоководной системы в среднем миоцене—плиоцене (чокрак—киммерий). По результатам анализа обнажений в Керченско-Таманском регионе в тарханское время накапливались относительно более глубоководные осадки. Максимальная среднемиоценовая трансгрессия отмечена в карагане, возможно, она обусловлена региональными тектоническими причинами. В публикации С.В. Попова с соавторами отмечено несколько периодов падения уровня моря в предсарматское время [Попов и др., 2010].

Стратиграфическая привязка отражающих горизонтов в среднемиоценовом интервале на территории акватории дискуссионна из-за недостаточности данных. На сейсмических разрезах выделен отражающий горизонт, предположительно в интервале чокракско-конкских отложений, приуроченный к развитию первой системы эрозионных каналов (рис. 3). Территория Туапсинского прогиба и северная часть вала Шатского была расположена, вероятно, в пределах широкого палеошельфа. Региональный наклон палеоскло-

Рис. 7. Схема условий осадконакопления в конце раннего миоцена (поздний майкоп). Обстановки осадконакопления: 1 — глубоководный бассейн; 2 — умеренно глубоководный шельф и континентальный склон; 3 — шельф; 4 — подводное поднятие на дне бассейна; 5 — зоны воздымания и денудации



на изменился относительно позднемайкопского времени в юго-западном направлении. В районе подножия палеосклона (южная часть современного вала Шатского) существовал крутой обрыв в сторону Восточно-Черноморской впадины. Отложения олигоцена–мела подвергались подводной эрозии (рис. 8).

В среднемиоценовом комплексе выделены три системы стратиграфически разноуровневых эрозионных каналов восточного и северо-восточного простирания. Отмечено новое направление сноса

терригенного материала с севера (из района г. Анапа), который предположительно может быть связан с деятельностью рек Палеодон и Палеодонец.

Эрозионные каналы прорезают отложения майкопской серии, а местами достигают эоценовых и палеоценовых отложений. Ширина каньонов составляет 6–12 км, а толщина заполняющих их осадков варьирует от 300 до 700 м. Наиболее древние каналы имеют чокракский возраст, более молодые эрозионные врезы формировались в среднем сармате. Формирование каналов носило

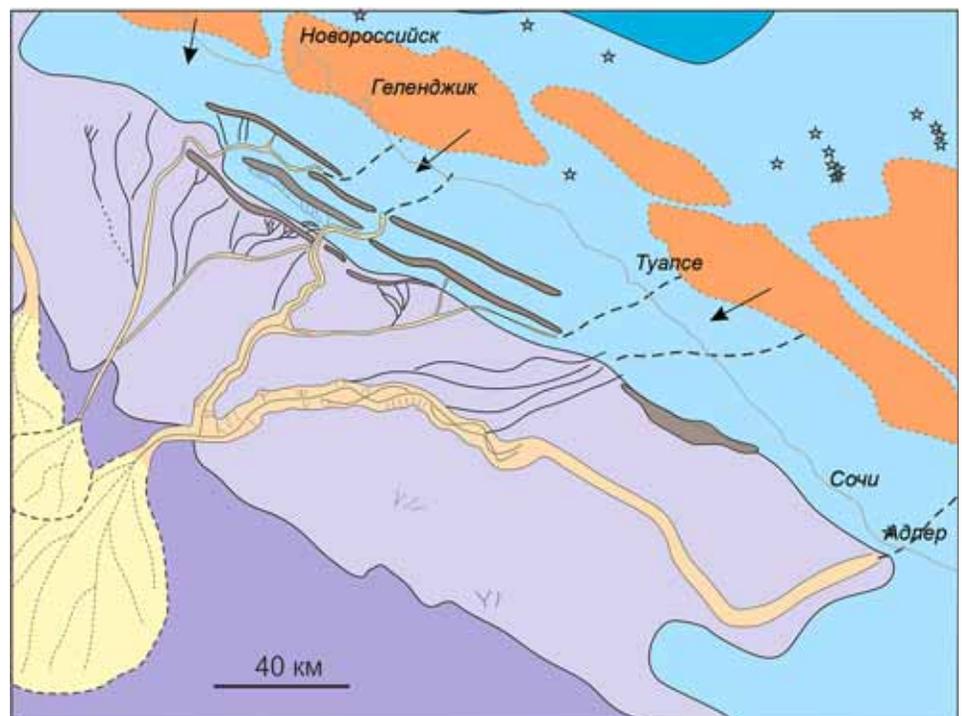


Рис. 8. Схема условий осадконакопления в среднемиоценовое время (чокрак–нижний сармат)

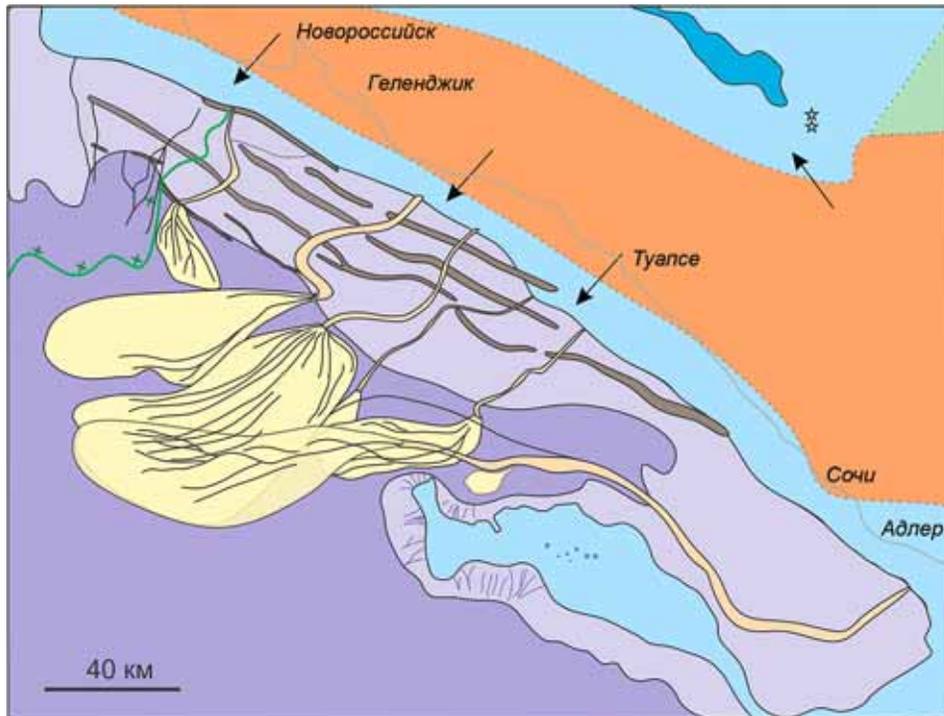


Рис. 9. Схема условий осадконакопления в позднемiocеновое время (поздний сармат–меотис)

унаследованный характер, что фиксируется врезанием молодой долины в относительно более древнюю.

Истоки восточной системы каньонов расположены в районе устьев современных рек Мзымта и Бзыбь, вблизи г. Сочи и в Абхазии соответственно. Второй источник сноса, формирующий каньон северо-восточного простирания, был связан с системой рек с растущих островов северо-западного Кавказа, расположенных между городами Геленджик и Туапсе. Оба вышеотмеченных источника сноса терригенного материала способствовали

формированию единого каньона, развитого в разрезе центральной части вала Шатского. Конус выноса осадков по этому каньону выделен по сейсмическим данным 2D в пределах Восточно-Черноморской впадины (рис. 8).

К середине сармата Восточно-Черноморская впадина и вал Шатского были перекрыты единым осадочным чехлом. Кромка палеошельфа сместилась на север, что сократило его ширину в районе Туапсинского прогиба, при этом расширилась область глубоководного бассейна. Эрозионные каньоны сменила система конусов выноса, что

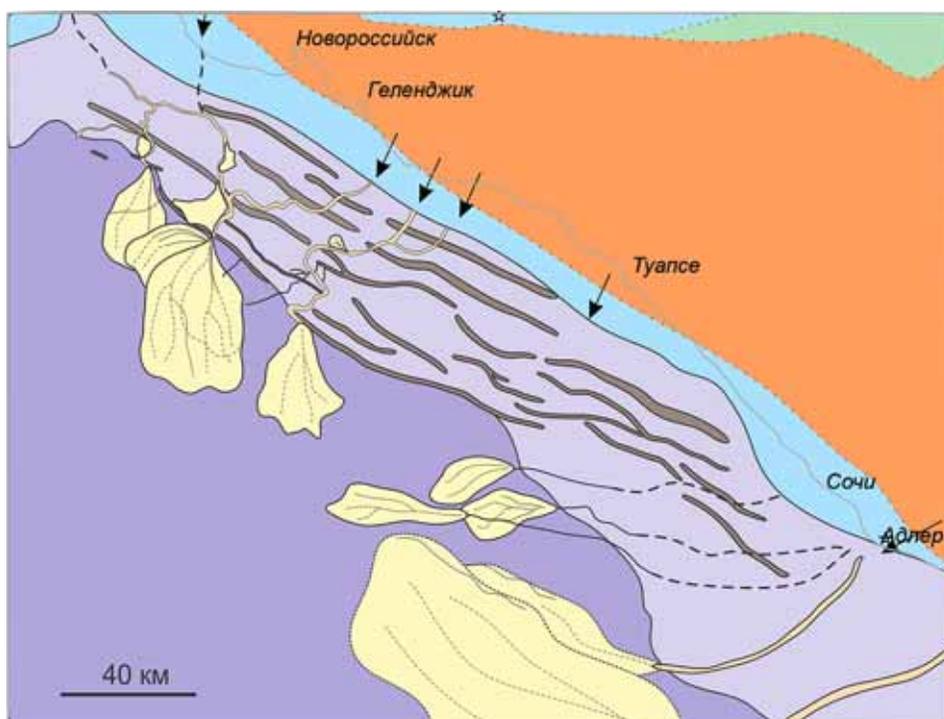


Рис. 10. Схема условий осадконакопления в позднемiocене–плиоцене (понт–киммерий)

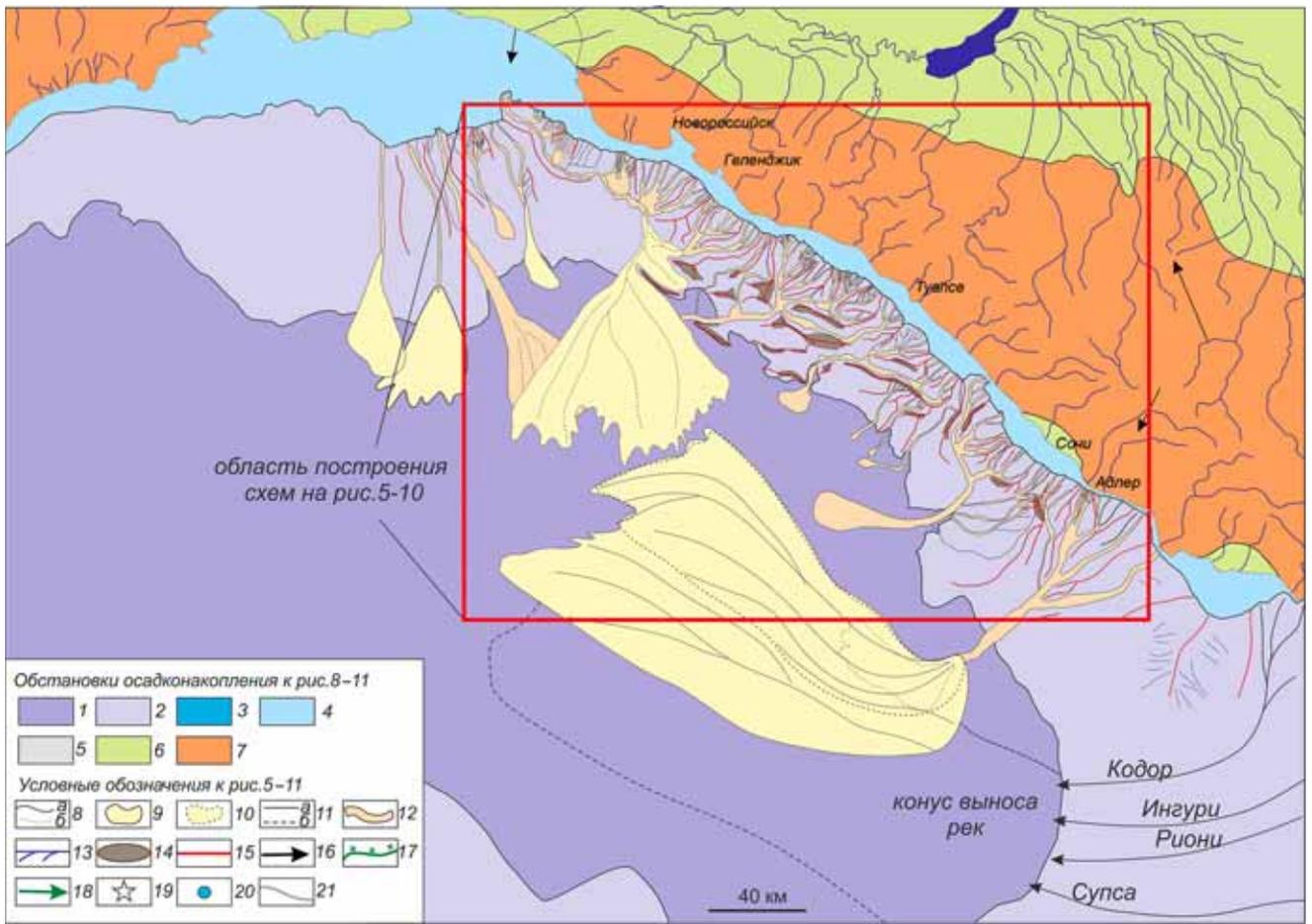


Рис. 11. Схема условий осадконакопления четвертичных отложений. Обстановки осадконакопления: 1 — глубоководный бассейн; 2 — континентальный склон; 3 — умеренно глубоководный шельф; 4 — шельф; 5 — подводное поднятие на дне бассейна; 6 — низменные равнины; 7 — зоны воздымания и денудации; 8 — границы: а — достоверные, основанные на сейсмических данных, б — предполагаемые; глубоководные конуса выноса: 9 — достоверные, 10 — предполагаемые; 11 — подводные, распределительные, склоновые каналы и осевые зоны каньонов: а — выделенные по сейсмическим данным, б — предполагаемые; 12 — подводные каньоны; 13 — эрозионные овраги на склонах; 14 — растущие складки/подводные поднятия; 15 — оси поднятий; 16 — предполагаемые источники сноса; 17 — зона развития отложений транспортировки масс; 18 — рампы/направление переноса осадков; 19 — точки обнажений соответствующего возраста; 20 — гидротермы, выделенные по сейсмическим разрезам; 21 — береговая линия

позволяет сделать вывод об увеличении глубины палеобассейна и выравнивании дна бассейна. Растущие складки в Туапсинском прогибе (подводные палеоподнятия), связанные с активизацией процессов орогенеза на Большом Кавказе, контролировали направление питающих каналов и сами служили дополнительным источником сноса материала. Направление источников сноса в целом было унаследовано от предыдущего этапа. В северо-восточной части района исследований в интервале среднего сармата выделяется комплекс отложений транспорта масс (рис. 9).

В меотисе происходила обширная трансгрессия. Сейсмофации глубоководных конусов выноса были перекрыты слоистыми, динамически слабо выраженными отражениями, предположительно связанными с глубоководными осадками. К основанию этого комплекса приурочена поверхность максимального затопления, с которой мы связываем начало углубления бассейна Черного моря до отметок, близких к современным.

В понт-голоценовое время на территории Туапсинского прогиба, вала Шатского и Восточно-Черноморской впадины преобладают глубоководные условия осадконакопления (рис. 10). По сейсмическим данным разрез характеризуется выдержанными, динамически контрастными отражениями. Местами в разрезе выделяются холмообразные и хаотичные слабо динамически выраженные или прерывистые высокоамплитудные отражения, связанные с глубоководными конусами выноса и системой распределительных каналов. Формирование конусов выноса приурочено к интервалу отложений понта–плиоцена и связано с падением уровня Мирового океана (с мессинским кризисом). Однако в этом интервале разреза обширные конусы выноса, подобные конусам сарматского возраста, не выделены. Положение глубоководного каньона и конусы выноса системы рек Мзымта и Бзыбь сместилось к юго-востоку от района исследований (рис. 10). Осадочный материал на территорию Туапсинского прогиба и

вала Шатского больше этой системой рек не представлялся. Первостепенными источниками сноса стали небольшие реки в полосе между городами Сочи–Новороссийск, а также проявился северо-западный источник, который мы связываем с деятельностью Палеокубани.

В целом условия осадконакопления для рассматриваемой территории начиная с понта близки к современным (рис. 11). Периоды трансгрессии и регрессии не оказывали существенного влияния на глубоководные условия осадконакопления. Схема для четвертичных обстановок осадконакопления построена с использованием батиметрии. По нашему мнению, она отражает обстановки осадконакопления на период последнего падения уровня моря. В настоящее время обстановки осадконакопления в акватории восточной части Черного моря отвечают высокому стоянию уровня моря без существенного площадного распространения конусов выноса на дне бассейна.

Заключение. Материалы сейсмической съемки 3D и результаты их интерпретации служат важнейшей основой для анализа строения глубоководных отложений, определения морфологии дна палеобассейнов и восстановления в них обстановок осадконакопления.

Начиная с олигоценового времени в истории формирования глубоководной системы осадконакопления в северо-восточной части Черного моря выделено несколько этапов:

в олигоцен–раннемиоценовое (майкоп) время основным депоцентром осадконакопления был краевой Туапсинский прогиб. Основное время развития глубоководных конусов выноса — средний майкоп. Главным источником обломочного материала служил зарождающийся ороген Большого Кавказа, расположенный на северо-востоке от области осадконакопления. Ось прогиба в

течение майкопского времени смещалась на юг, в направлении вала Шатского. В верхней части майкопского интервала разреза на территории Туапсинского прогиба выделено три комплекса отложений транспорта масс, образование которых мы связываем с активизацией роста горноскладчатого сооружения Большого Кавказа. К концу майкопа вал Шатского и Туапсинский прогиб были перекрыты единым осадочным чехлом;

2) в среднем миоцене (чокрак–нижний сармат) депоцентр накопления сносимого материала находился в пределах Восточно-Черноморской впадины. Палеопотоки от всех существовавших в это время источников сноса формировали единый каньон в центральной части современного вала Шатского. К концу среднего миоцена произошло выравнивание дна палеобассейна на месте Восточно-Черноморской впадины и вала Шатского;

3) поздний миоцен (поздний сармат–метотис) — основной интервал времени развития глубоководных конусов выноса на территории палеовала Шатского и южной части Туапсинского палеопргиба. В это время появился источник сноса в районе современных координат г. Анапа. В конце позднего миоцена произошла обширная трансгрессия, а глубина палеобассейна предположительно стала близкой к современной в этом районе Черного моря;

4) в позднем миоцене–плиоцене (понт–киммерий) зона развития конусов выноса сместилась севернее, в направлении Туапсинского палеопргиба, и стала занимать меньшую площадь. Обстановки осадконакопления становились приближенными к современным.

Благодарности. Авторы выражают благодарность компании ПАО «НК «Роснефть» за предоставленную возможность использовать и публиковать материалы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Альмендингер О.А., Митюков А.В., Мясоедов Н.К., Никишин А.М. Современный рост складок, процессы эрозии и седиментации в глубоководной части Туапсинского прогиба в Черном море по данным 3D сейсморазведки // Докл. РАН. 2011. Т. 439, № 1. С. 76–78.
- Афанасенков А.П., Никишин А.М., Обухов А.Н. Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. М.: Научный мир, 2007. 172 с.
- Афанасенков А.П., Никишин А.М., Обухов А.Н. Неогеновая речная система вала Шатского в Черном море // Докл. РАН. 2005. Т. 403, № 1. С. 1–4.
- Митюков А.В., Никишин А.М., Альмендингер О.А. Седиментационная модель майкопских отложений Туапсинского прогиба в Черном море по данным 3D сейсморазведки и полевым работам на Западном Кавказе и в Крыму // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2012. № 2. С. 5–20.
- Никишин А.М., Альмендингер О.А., Митюков А.В. и др. Глубоководные осадочные системы: объемные модели, основанные на 3D сейсморазведке и полевых наблюдениях. М.: МАКС Пресс, 2012. 109 с.

- Попов С.В., Антипов М.П., Застрожных А.С. и др. Колебания уровня моря на северном шельфе восточного Паратетиса в олигоцене–неогене // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2010. Т. 18, № 2. С. 99–124.
- Bull S., Cartwright J., Huuse M. A subsurface evacuation model for submarine slope failure Basin Research // SEPM (Society for Sedimentary Geology). 2009. Vol. 21, Iss. 4. P. 433–443.
- Maynard J.R., Erratt D. The Black Sea, a tertiary basin: Observations and insights // *Marin. Petr. Geol.* 2020. Vol. 118. P. 621–636. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104462>.
- Nikishin A.M., Okay A., Tüysüz O. et al. The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Pt 1. Basins structure and fill // *Marin. Petr. Geol.* 2015a. Vol. 59. P. 638–655. DOI: [10.1016/j.marpetgeo.2014.08.017](https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.08.017).
- Nikishin A.M., Okay A., Tüysüz O. et al. The Black Sea basins structure and history: New model based on new deep penetration regional seismic data. Pt 2. Tectonic history and paleogeography // *Marin. Petr. Geol.* 2015b. Vol. 59. P. 656–670. DOI: [10.1016/j.marpetgeo.2014.08.018](https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.08.018).

Popov S.V., Rogl F., Rozanov A.Y. et al. Lithological-Paleogeographic maps of Paratethys. 10 maps Late Eocene to Pliocene. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 2004. 73 p.

Popov S.V., Rostovtseva Yu.V., Fillippova N.Yu. Paleontology and Stratigraphy of the Middle–Upper Miocene of the Taman Peninsula. Pt 1. Description of Key Sections and Benthic Fossil Groups // *Paleontol. J.* 2016. Vol. 50, N 10. P. 1–168.

Posamentier H.W., Davies R. J., Cartwright J.A., Wood L. Seismic geomorphology- an overview // *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 2016. Vol. 277. P. 1–14.

Posamentier H.W., Kolla V. Seismic geomorphology and stratigraphy of depositional elements in deep-water settings // *J. Sediment. Res.* 2003. Vol. 73, N 3. P. 367–388.

Posamentier H.W., Ole M. The character and genesis of mass transport complexes I: Geomorphology and process sedimentology from 3D seismic data // *SEPM Res. Symposium: The Significance of Mass Transport Deposits in Deepwater Environments* // *AAPG Ann. Convention, Technical Program.* 2006, April 9–12.

Ross D.A., Neprochnov Y.P., Supko P.R. Introduction and explanatory notes, LEG 42B, Deep Sea Drilling Project // *The Shipboard Scientific Staff*, 1978.

Tari G.C., Simmons M.D. History of deepwater exploration in the Black Sea and an overview of deepwater petroleum play types // *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 2018, Vol. 464. P. 439–475. DOI: <https://doi.org/10.1144/SP464.16>

Поступила в редакцию 17.02.2021

Поступила с доработки 05.04.2021

Принята к публикации 03.08.2021