

УДК 551.8:551.763.31.32 (477.75)+(470.62)

Н.В. Бадулина, Р.Р. Габдуллин, Л.Ф. Копаевич

## ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕНОМАН-ТУРОНСКОГО БЕСКИСЛОРОДНОГО СОБЫТИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ И ВОСТОЧНОМ ПРИЧЕРНОМОРЬЕ (КРЫМ, КАВКАЗ)<sup>1</sup>

Приведена седиментологическая и геохимическая характеристика сеноман-туронского океанического бескислородного события (ОАЕ-2) на примере 8 разрезов Центрального и Восточного Причерноморья. Предложена серия палеогеографических моделей для ОАЕ-2 на примере разрезов Крыма и Кавказа.

*Ключевые слова:* сеноман, турон, ОАЕ-2, Крым, Кавказ.

Sedimentological and geochemical characteristics of Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event (OAE-2) based on 8 sections of the Central and Eastern Peri-Black Sea area is given. A series of paleogeographic models for OAE-2 on example of sections of Crimea and Caucasus is given.

*Key words:* Cenomanian, Turonian, OAE-2, Crimea, Caucasus.

**Введение.** Богатые органическим веществом осадки океанического бескислородного события (ОАЕ-2) на рубежа сеномана и турона — нефтематеринские породы — широко распространены в разрезах континентов и океанов. Кроме того, это событие является ценным маркирующим уровнем для удаленной корреляции, поэтому актуальность и практическая значимость исследований подобных отложений не вызывают сомнения. В статье приведены обобщающие данные многолетних исследований авторов по палеогеографии конца сеномана—начала турона на примере разрезов Крыма и Кавказа и акватории Черного моря.

**Краткая характеристика разрезов и история их изучения.** В *Центральном Причерноморье (Крым)* пограничный сеноман-туронский интервал принадлежит к верхней части белогорской свиты, которая представлена карбонатными породами (известняками и глинистыми известняками) и залегает в основании трансгрессивной толщи верхнего мела. Верхнюю границу сеноманского яруса можно фиксировать по перерыву, который выражается в появлении поверхности твердого дна и маломощного горизонта песчано-глауконитового мергеля (долина р. Бодрак) и галечного горизонта (долина р. Альма). В бассейнах рек Кача и Бельбек, где разрез более полный, ниже перерыва локально развит горизонт битуминозных пород, обогащенных органическим материалом (до 10% органического углерода) [Найдин, Кияшко, 1994а, б]. Изучены 4 разреза Качинского поднятия мегантиклинория Горного Крыма, расположенных в Бахчисарайском районе на территории учебно-научного полигона МГУ (овр. Аксу-Дере, горы Белая, Сельбухра, Мендер).

Уровень ОАЕ-2 отвечает отложениям пачек VI и VII (по схеме А.С. Алексеева, 1989). Пачке VI мощ-

ностью 10—20 м (верхний сеноман) соответствуют зоны *Rotalipora cushmani*, а также нижняя и средняя часть зоны *Whiteinella archeocretacea*. Пачка практически лишена идентифицируемых макрофоссилий (то же самое характерно и для разрезов Северо-Западного Кавказа). Пачка разделена на три подпачки. *Подпачка VI-1* представлена плохо выраженным ритмичным переслаиванием однотипных, светло-бежевых известняков. *Подпачка VI-2* сложена однородными белыми, массивными, часто фарфоровидными микритовыми известняками с редкими раковинами фораминифер. *Подпачка VI-3* залегает с размывом на известняках средней подпачки и характеризуется повышенными глинистостью, песчаностью и содержанием органического вещества (до 10%).

Отложения основания туронского яруса (пачка VII) представлены мелоподобными светлыми микритовыми известняками с примесью пирита, а также алевритовых зерен кварца и глауконита. Отличительная особенность этих отложений — присутствие рассеянных конкреций и пластовых стяжений серых и коричневых кремней. Максимальная мощность пачки 15 м, минимальная — 5 м.

Детальное описание разрезов, их комплексная седиментологическая, палеонтологическая, геохимическая, петромагнитная характеристики приведены в ряде работ [Алексеев, 1989; Копаевич, Валашик, 1993; Найдин, Кияшко, 1994а, б; Гаврилов, Копаевич, 1996; Алексеев и др., 1997, 2007; Кузьмичева, 2000а, б, 2001; Габдуллин, 2002; Бадулина, Копаевич, 2006а-в; Бадулина, 2007, 2008; Gale et al., 1999; Kopaevich, Kuzmicheva, 2002; Tyutyunnik et al., 2007; Nikishin et al., 2009].

**В Восточном Причерноморье** изучены разрезы Северо-Западного Кавказа. Вдоль южного склона расположена узкая Новороссийско-Лазаревская зона, выполненная карбонатным и карбонатно-терриген-

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 08-05-00283а) и ФЦП «Научные школы» (грант НШ 841.2008).

ным флишем келловей-эоценового возраста, где отложения сеноман-туронского рубежа относятся к маркотхской серии. Изученные разрезы расположены в пределах Новороссийско-Лазаревской зоны в следующей последовательности с северо-запада на юго-восток: 1) район г. Новороссийска, дорога Новороссийск—Грушовая; 2) район г. Новороссийска—Андреевский перевал; 3) южный склон Северо-Западного Кавказа, дорога Туапсе—Геленджик и 4) район г. Туапсе, р. Псеуапсе. Разрезы 1—3 расположены в Анапско-Агойской подзоне, а разрез 4 характеризует Лазаревскую подзону.

Изученный стратиграфический интервал охватывает *ананурскую свиту* (верхний сеноман—нижний турон), представленную переслаиванием окремненных песчаников, алевролитов, темно-серых и серых известняков, зеленовато-серых мергелей, иногда черных, а также вулканогенных пород и известковистых глин, темно-серых и серых кремней. Она подстилается *кохотхской свитой (наук)* (сеноман), сложенной туфопесчаниками, туфогравелитами, глинами темно-серыми и зеленоватыми известковистыми, песчаниками, туфопесчаниками и алевролитами, черными, зеленоватыми аргиллитами, зеленовато-серыми и темно-серыми мергелями, темно-серыми глинистыми и светло-серыми известняками. Перекрывается она *керкетской свитой* (верхняя часть нижнего турона), образованной окремнелыми и розовыми известняками, зеленовато-серыми и красными мергелями, алевролитами и песчаниками, редко присутствуют прослой известковистых глин и серые кремни. Мощность *кохотхской свиты (наук)* 40—210 м. Мощность *ананурской свиты* местами достигает 80 м, а *керкетской* — до 60—100 м.

В ряде работ приводятся комплексная седиментологическая и палеонтологическая [Афанасьев, Маслакова 1967; Афанасьев, 1993; Габдуллин и др., 2000; Милеев и др., 2000; Габдуллин, 2002] и реже геохимическая [Бадулина, Кобаевич, 2006а—в; Tyutyunnik et al., 2007; Бадулина, 2008] характеристики.

На основе детального и комплексного исследования [Бадулина, Кобаевич, 2006а—в; Бадулина, 2007, 2008; Tyutyunnik et al., 2007] пограничных сеноман-туронских отложений Крыма и Кавказа определены скорость и обстановки седиментации [Nikishin et al., 2009].

**Скорость седиментации в конце сеномана—начале турона в Центральном Причерноморье.** Скорость рассчитана при помощи хроностратиграфической шкалы [Hardenbol et al., 1998], событийной шкалы стратотипического разреза Пуэбло для сеноман-туронской границы [Keller, Pardo, 2004] путем деления мощности толщи на время ее формирования.

Скорость седиментации [Бадулина, 2008; Nikishin et al., 2009] во время накопления подпачки VI-3 в разрезе овр. Аксу-Дере составляет 0,403 см/тыс. лет, а пачки VII — 1,11 см/тыс. лет. В разрезе г. Сельбухры осадки подпачки VI-3 накапливались со скоростью 0,78 см/тыс. лет. В разрезе г. Белой определена

скорость седиментации для подпачки VI-3, составляющая 1,36 см/тыс. лет. Поскольку накопление подпачки VI-3 в разрезах Юго-Западного Крыма происходило в интервале 93,9—93,5 млн лет, а для аналогичного интервала времени для разреза Пуэбло определены две разные величины скорости седиментации 1,23 см/тыс. лет до 93,7 млн лет и 0,87 см/тыс. лет — после [Keller, Pardo, 2004], то для сравнения скорости седиментации в разрезах Юго-Западного Крыма и в разрезе Пуэбло рассчитаем среднеарифметическую скорость седиментации для интервала времени, отвечающего подпачке VI-3. Она получилась равной 1,05 см/тыс. лет. В разрезах Юго-Западного Крыма скорость седиментации уменьшается в северо-западном направлении: 1,36 (г. Белая) → 0,78 (г. Сельбухра) → 0,403 (овр. Аксу-Дере) см/тыс. лет. Видно, что средняя скорость седиментации для разреза Пуэбло меньше, чем для г. Белой, но больше, чем для г. Сельбухры. Поскольку в изученных разрезах Юго-Западного Крыма фиксируется несколько перерывов небольшого масштаба, то скорость осадконакопления может быть несколько занижена, для ряда интервалов разреза рассчитать скорость не представляется возможным (таблица).

Скорость седиментации для изученных разрезов Юго-Западного Крыма и разреза Пуэбло (Колорадо), см/тыс. лет

Пачка/подпачка	г. Белая	овр. Аксу-Дере	г. Сельбухра	Пуэбло
VI-1+VI-2	—	—	2,0	—
VI-3	1,36	0,403	0,78	1,05
VII	—	1,11	—	—

В скважине Гамбурцева-2, расположенной на Одесском шельфе (Черное море, территориальные воды Украины [Бадулина, 2008]), мощность верхне-сеноманских отложений составляет 107 м (интервал 2878—2985 м). Детального биостратиграфического расчленения разреза скважины нет, поэтому скорость седиментации можно рассчитать только для всего позднего сеномана (10700 см/1210 тыс. лет), что составит 8,8 см/тыс. лет. Для сравнения: скорость накопления всей толщи сеноманских осадков (3505—2878 м), представленной известняками и мергелями, с мощностью 627 м за 5400 тыс. лет (длительность сеномана) равна 11,6 см/тыс. лет. Видно, что здесь скорость формирования толщи была на порядок выше, чем в Крыму, но ниже, чем в тропе Большого Кавказа (см. ниже). Уровень ОАЕ-2 здесь установлен по локальному максимуму естественной радиоактивности (кривая гамма-каротажа), вызванному обогащением ураном прослоев с высоким содержанием органического вещества. Расчленение турон-коньякской толщи дискуссионно, поэтому для раннего турона скорость седиментации не рассчитывалась.

**Скорость седиментации в конце сеномана—начале турона в Восточном Причерноморье.** Из-за сложного геологического строения и отсутствия детального биостратиграфического расчленения скорость седи-

ментации можно рассчитать только для поздне-сеноманского (нижне- и среднеананурская подбиты, 25 м [Афанасьев, 1993]) и раннетуронского интервалов (93,5—91,5 млн лет [Hardenbol et al., 1998]) Новороссийского синклиория. Получены значения скорости, равные 0,46 (близкие к величине скорости накопления подпачки VI-3 в разрезе Аксу-Дере) и 3,3 см/тыс. лет соответственно.

**Обстановку седиментации во время формирования подпачки VI-2 в Юго-Западном Крыму** характеризует сравнительно глубоководный бассейн седиментации глубиной около 500 м (рис. 1). Накопление осадков во всех разрезах г. Сельбухры, гор Мендер, Белая и Аксу-Дере происходило приблизительно на одной глубине. Незначительная примесь глинистого и песчанистого материала в преимущественно планктоногенных осадках указывает на существование не удаленного источника сноса.

**Обстановка седиментации во время формирования подпачки VI-3:** на протяжении сеноманского века происходило активное раскрытие Черноморской впадины, что сопровождалось, в частности перерывом в седиментации на территории Юго-Западного Крыма, а затем возникновением мелкомасштабных сбросовых структур. На г. Белой фиксируются дислокации, интерпретируемые как складки подводного оползания.

В этот момент геологической истории происходила слабая регрессия, когда уровень моря опустился приблизительно на 50 м (рис. 1). Возникли сбросовые структуры, имеющие вид ступеней, интенсивность формирования которых, возможно, затухала к востоку.

Установлено общее уменьшение содержания карбоната кальция в разрезах овр. Аксу-Дере, гор Сельбухры и Белой на границе подпачек VI-2 и VI-3 за счет увеличения доли слюды, глауконита, рудного минерала, кварца, что интерпретируется как кратковременная регрессия или интенсификация гидродинамических процессов.

Во время накопления осадков средней части подпачки VI-3 произошла существенная перестройка гидродинамики: уменьшилось содержание карбоната кальция в разрезах овр. Аксу-Дере, г. Белой (за счет увеличения содержания органического углерода и цветения динофлагелат) и г. Сельбухры (за счет всплеска биопродуктивности радиолярий), что интерпретируется как микроапвеллинг. Последовавшее за этим непосредственно перед границей сеномана и турона (конец формирования подпачки VI-3) повышение содержания органического углерода, уменьшение количества карбоната кальция и увеличение терригенной примеси, что установлено в разрезах овр. Аксу-Дере, г. Сельбухры и г. Белой, связано, возможно, с эпизодом гумидизации климата.

В более мелководном разрезе г. Сельбухры установлен II тип керогена (морской с привносом континентального органического вещества), а также III тип (органическое вещество озерного, болотного генезиса), а в более удаленном от береговой линии и глубоководном разрезе Аксу-Дере — только II тип.

В итоге время формирования подпачки VI-3 характеризовалось серией палеогеографических событий: сменой климата, трансгрессией—регрессией—трансгрессией, микроапвеллингом с локальным доминированием радиолярий и продукцией биогенного кремнезема, всплеском биопродуктивности диноцист и водорослей с продукцией и захоронением органики, изменением объема и скорости, а также состава сноса с суши терригенного компонента (включая органику).

**Обстановка седиментации во время формирования пачки VII.** В целом геометрия бассейна напоминала такую в предыдущую стадию (рис. 1). Различия состояли в углублении бассейна, особенно в его северной части (Мендер). Высокая продукция фораминиферами биогенного кальцита сменилась микроапвеллингами и продукцией биогенного кремнезема радиоляриями.

**Обстановка седиментации в конце сеномана—начале турона в Центральном Причерноморье** характеризуется накоплением осадков внутри глубоководного трога. На основе седиментологических и геохимических данных из рассматриваемых разрезов только один (Андреевский перевал) формировался ниже критической глубины карбоната накопления на ложе трога (рис. 2). Остальные три накапливались на его склоне (Новороссийск — Грушовая, Широкая Щель, г. Туапсе — р. Пезуапсе).

На склоне трога и его дне (разрезы Анапско-Агойской подзоны) установлено присутствие керогена III типа, что свидетельствует в пользу активного сноса с континента. В разрезе Лазаревской подзоны обнаружен только II тип. Это обстоятельство можно объяснить расширением трога в восточном направлении и соответственно удалением береговой линии. Основным процессом формирования осадков трога было действие мутьевых потоков. Транспортируемый потоками терригенный материал насыщался на шельфе биогенной обломочной фракцией и перемещался далее вниз по склону в более глубоководные области. В составе обломочной минеральной фракции содержатся кварц, глинистое вещество пелитовой размерности и акцессорные плагиоклаз и слюда. Наличие слюды может указывать на относительную близость источника сноса.

Времени формирования ананурской свиты также отвечает чередование трансгрессивно-регрессивных эпизодов. Об этом свидетельствуют увеличение

Рис. 1. Серия палеогеографических моделей для конца сеномана — начала турона для Бахчисарайского района Юго-Западного Крыма, по [Бадулина, 2008]: 1 — слабоглинистый известковый песчаник; 2 — песчаный известняк; 3 — песчаный слабоглинистый известняк; 4 — слабопесчаный глинистый известняк, обогащенный органическим веществом; 5 — слабопесчаный окремненный «радиоляриевый» известняк; 6 — слабопесчаный окремненный известняк; 7 — сильноглинистый известняк; 8 — известняк; 9 — относительно мелководный шельф; 10 — относительно глубоководный шельф; 11 — дно бассейна; 12 — иноцерамы; 13 — аммониты; 14 — остатки рыб и рыбной чешуи; 15 — направление источника сноса





Рис. 2. Палеогеографическая модель для конца сеномана — начала турона для Северо-Западного Кавказа, по [Бадулина, 2008]: 1 — глинистый известковый песчаник; 2 — песчаный глинистый известняк; 3 — песчаная известковистая глина, обогащенная органическим веществом; 4 — слабопесчаная известковистая глина; 5 — кремнистый глинисто-алевритовый песчаник; 6 — алевритистый кремнистый аргиллит; 7 — борта глубоководного трога; 8 — дно глубоководного трога; 9 — дно бассейна

карбонатной составляющей в составе аргиллитов и появление известняков на склонах глубоководного трога, что, возможно, совпадает с изменением уровня глубины карбонатной компенсации.

**Модели формирования «черных прослоев» в Центральном и Восточном Причерноморье.** На настоящий момент существуют две принципиальные модели, объясняющие генезис богатых органикой прослоев в конце сеномана — начале турона. Согласно **первой модели** [Schlanger, 1987] и сейчас существуют бассейны с ограниченной вертикальной циркуляцией и дефицитом кислорода в глубоких частях водного столба, что вызывает аккумуляцию осадков в аноксидных условиях только в глубоководных частях бассейна. Модель доказывается высоким содержанием органического вещества (до 40%) в глубоководных участках Атлантики и океана Тетис [Kuhnt, 1992], «черные сланцы» абиссали содержат повышенную концентрацию металлов, возникающих в полностью бескислородных условиях. **Вторая модель** [Butt, 1982; Kuhnt, Thurow, 1986; Kuhnt et al., 1986] объясняет генезис прослоев резким всплеском биопродуктивности в поверхностных слоях воды, который вызван повышенным содержанием питательных веществ,

приносимых апвеллингом. Модель подтверждается максимальным содержанием органического вещества в отложениях внешней зоны шельфа — верхней части континентального склона, где в апвеллинговых зонах биопродуктивность наиболее высока, а также преимущественно морским планктоногенным генезисом органического вещества, которое аккумулируется внутри биогенных карбонатных осадков, включающих раковины планктонных фораминифер, кальцисфер, кокколитофорид, часто со значительной примесью фосфатных рыбных остатков.

**Палеогеографические модели события ОАЕ-2 для Центрального Причерноморья** изложены в ряде работ. На примере разреза овра. Аксу-Дере постулируется [Найдин, Кияшко, 1994], что на рубеже сеномана и турона не было единого эвксинского бассейна, что подтверждается прерывистостью горизонта «черных прослоев». Прерывистость вызвана особенностями рельефа дна и характером динамики водной среды. Основной агент модели — периодические флуктуации продуктивности пелагиали. При ее увеличении на дно поступало больше отмершей биомассы, а при замедлении — меньше, что приводило к чередованию на дне окислительной и восстановительной обста-

новок. Циклически изменявшаяся продуктивность подтверждается циклическим строением сеномана, обусловленным астрономо-климатическими циклами М. Миланковича (периодические изменения параметров земной орбиты: прецессии оси вращения, наклона эклиптики к плоскости орбиты и эксцентриситета орбиты). Под воздействием этих сил происходили климатические флуктуации, которые вызывали изменение температуры, солености, вариации вертикального перемешивания вод, что в итоге отражалось на балансе питательных веществ и содержании кислорода. Последние два фактора определяли продуктивность и сохранность органического вещества на дне. Авторы считают, что событие ОАЕ-2 могло состоять из нескольких фаз, наиболее интенсивная из которых приходилась на конец сеномана. Эвстатический механизм указанные авторы не привлекали.

Позднее [Гаврилов, Копаевич, 1996] для того же разреза обоснована модель связи образования «черных прослоев» с эвстатическими флуктуациями уровня океана. Модель включает три стадии (фазы). Первая фаза (до регрессии) отвечает высокому уровню стояния, вторая — регрессии и падению уровня океана. В результате регрессии прибрежные районы превращаются в заболоченную низину, где активно накапливается органическое вещество. Во время третьей фазы происходит трансгрессия, и накопленное в прибрежной низменности органическое вещество попадает в воды бассейна, где частично сразу захороняется, а частично возвращается в биологический цикл, вызывая бурный всплеск биопродуктивности, что в итоге приводит к аноксии, накоплению и захоронению новых порций органического вещества и формированию «черных прослоев».

Затем Р.Р. Габдуллин [Габдуллин, 2002] объяснил генезис прослоев в разрезе Аксу-Дере циклами разбавления, подтвержденными циклическими флуктуациями содержания кварцевых зерен в породе, и циклами растворения, основанными на циклическом распределении степени биотурбации пород, уровней присутствия и отсутствия фораминифер, концентрации органического углерода, присутствием шести горизонтов лимонитовых конкреций, отвечающих максимальным эпизодам аноксии.

Для Центрального Причерноморья предложена модель [Кузьмичева, 2000] накопления прослоев на континентальной окраине, разбитой серией сбросов на ступени, внутри или на границе которых в условиях горизонтального растяжения могли возникать микрограбены или асимметричные депрессии. Из-за их геометрии и ориентировки туда не попадали течения, что в итоге вызывало аноксию и формирование «черных прослоев» в депрессиях дна. Модель подтверждается конседиментационными складками гравитационного оползания терминального сеномана г. Белой и вертикальной трещиноватостью пород г. Сельбухры [Gale et al., 1999; Кузьмичева, 2000а, б; Кораевич, Kuzmicheva, 2002]. Т.А. Кузьмичева рас-

положила разрезы по увеличению глубины: гор Кизил-Чигир и Мендер, далее г. Сельбухра, затем овр. Аксу-Дере и, наконец, г. Белая.

Полученные данные показывают, что накопление черных прослоев в Юго-Западном Крыму объясняется их формированием в западинах рельефа верхней части континентального склона с нарушенной рециркулирующей придонных течений, в Новороссийском синклинии — турбидитной седиментацией подножия склона и дна глубоководного трога с донным активным вулканическим центром на дне трога (для разреза Андреевского перевала) и находившимся юго-восточнее мощным Понтийско-Закавказским вулканоплутоническим поясом (рис. 3). Подводный вулканизм также, возможно, мог способствовать нарушению гидродинамики.

При сопоставлении результатов геохимических исследований выявлено, что крымские и кавказские породы сеномана—тулона достаточно сильно отличаются по химическому составу (следовательно, и по условиям формирования). К числу процессов, способствовавших временами сероводородному заражению, можно, вероятно, добавить воздействие слоя кислородного минимума в промежуточных водах. Микроапвеллинги, скорее всего, не имели ничего общего с мощнейшими системами современных апвеллингов Мирового океана. Получен новый и интересный результат: ошутимую роль в обогащении ряда интервалов разреза органическим веществом играло растворение карбонатов за счет выделения  $\text{CO}_2$  в иловую и придонную воду при диагенезе. Сероводородное заражение, иногда приводившее к заморам рыб, было обусловлено распадом органики в ходе седиментогенеза и раннего диагенеза и не было постоянным. На Кавказе примерно эти же механизмы действовали в условиях более глубоководного бассейна и другого по составу петрофонда.

По результатам анализа отношения  $\text{Mo/Mn}$  установлено, что накопление богатого органикой прослоя происходило в условиях как сероводородного заражения, так и в окислительных обстановках. Исходя из данных отношения  $\text{C}_{\text{орг}}/\text{N}$  установлено, что в разрезах Аксу-Дере и Сельбухра преобладает терригенное органическое вещество. Во всех пробах из Лазаревской подзоны преобладает терригенное, а в пробах из Анапско-Агойской подзоны — морское органическое вещество.

Формирование черных сланцев по данным каротажных диаграмм фиксируется в скважинах Одесского шельфа.

В целом палеотектоническая обстановка в позднем сеномане в Юго-Западном Крыму и на Северо-Западном Кавказе определяла ход осадконакопления. В пределах глубинных вод Центрального и Восточного Причерноморья господствовали течения западных ветров (рис. 3), а вдоль их береговой линии — береговое восточное противотечение.

**Заключение.** На стадии седиментологического исследования пород в разрезах Крыма установлена

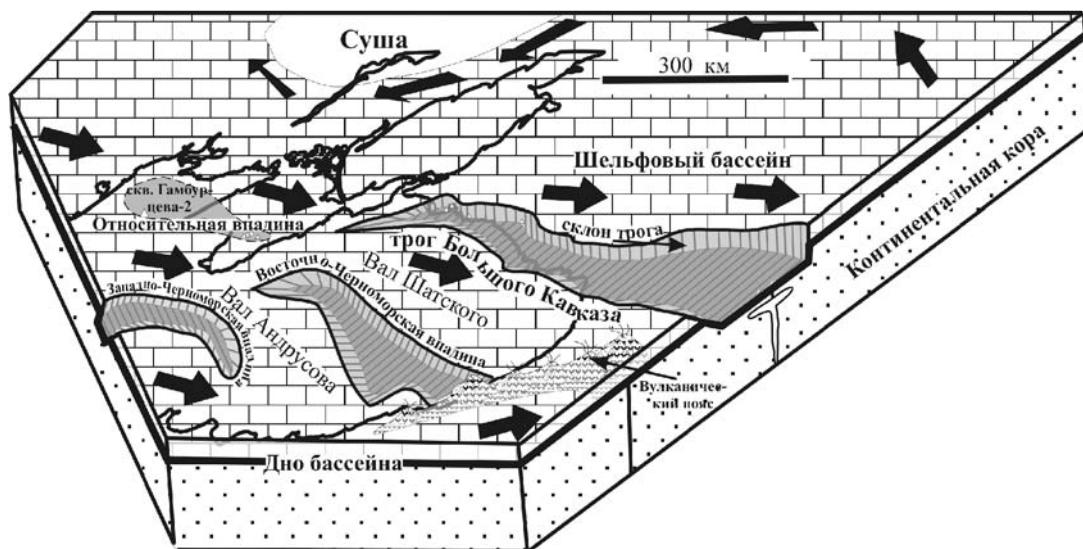


Рис. 3. Палеотектоническая блок-диаграмма Крымско-Кавказского региона для границы сеномана и турона, по [Бадулина, 2008] с дополнениями. Черными стрелками показано направление палеотечений из [Волков, Найдин, 1994; Puceat et al., 2005]. Использована тектоническая основа А.М. Никишина (МГУ)

тенденция к уменьшению вверх по разрезу содержания карбоната кальция до битуминозного прослоя, в котором (разрез овра. Аксу-Дере) есть два пика повышения содержания органического углерода. Разрезы на Северо-Западном Кавказе несут следы турбидитной седиментации на склоне и дне глубоководного трога, а также влияния локального вулканического центра и Понтийско-Закавказского вулканоплутонического пояса.

Результаты геохимических исследований показали, что породы интервала ОАЕ-2 характеризуются преобладанием керогена II—III типов, а содержание  $C_{орг}$  повышается за счет интенсификации его сноса с континента. Породы выше и ниже черного прослоя формировались в окислительных обстановках, а осадки во время события ОАЕ-2 аккумулировались в обстановке сероводородного заражения и потепления поверхностных вод (данные изотопной геохимии).

Во время ОАЕ-2 скорость аккумуляции осадков замедлилась и составляла от 0,403 (овра. Аксу-Дере) до 1,36 (г. Белая) см/тыс. лет, а затем вновь возросла. В разрезе Аксу-Дере с максимальным содержанием органического вещества скорость накопления осадков

была минимальна. Скорость седиментации поздне-сеноманских осадков в скв. Гамбурцева-2 на порядок выше, чем в Крыму, а на Кавказе, наоборот, близка к таковой в крымских разрезах. В раннем туроне скорость седиментации в троге возросла.

Формирование богатых органикой черных прослоев в Крыму происходило в условиях кратковременной регрессии бассейна с глубиной около 500 м и снижением уровня моря приблизительно на 50 м, что сопровождалось формированием мелкомасштабных сбросовых структур. Местами условия сероводородного заражения сменялись окислительной обстановкой с интенсификацией гидродинамических процессов и возникновением микроапвеллингов. Похожее события происходили во время ОАЕ-2 на склоне и дне глубоководного трога Северо-Западного Кавказа, когда, возможно, в условиях кратковременной регрессии произошло понижение ГКК, выше и даже ниже которого происходило накопление богатых органикой осадков.

Авторы выражают признательность А.М. Никишину (МГУ) и А.С. Алексеву (МГУ) за консультации и рецензию данной работы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.С. Верхний мел // Геологическое строение Качинского поднятия Горного Крыма. Стратиграфия мезозоя. М., МГУ, 1989. С. 123—135.

Алексеев А.С., Копеевич Л.Ф., Венгерцев В.В., Кузьмичева Т.А. Литология и микропалеонтология пограничных отложений сеномана-турона Юго-Западного Крыма // Очерки геологии Крыма / Тр. Крымского геологического научно-учебного центра им. проф. А.А. Богданова. М., МГУ, 1997. Вып. 1. С. 54—73.

Алексеев А.С., Копеевич Л.Ф., Никишин А.М. и др. Пограничные сеноман-туронские отложения Юго-Западного Крыма. Ст. 1. Стратиграфия // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2007. Т. 82, вып. 3. С. 3—29.

Афанасьев С.Л. Флишевая формация. Закономерности строения и условия образования. М.: Росвузнаука, 1993. 360 с.

Афанасьев С.Л., Маслакова Н.И. Верхнемеловые отложения Северо-Западного Кавказа // Тр. ВЗПИ. Сер. гидрогеол. и инж. геол. 1967. Вып. 37. С. 106—136.

Бадулина Н.В. Строение пограничных сеноман-туронских отложений разреза г. Сельбухра (Юго-Западный Крым) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2007. № 5. С. 26—31.

Бадулина Н.В. Сеноман-туронская граница в Центральном и Восточном Причерноморье (Юго-Западный Крым и Северо-Западный Кавказ): седиментологические,

геохимические и палеогеографические аспекты: Автореф. канд. дис. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008.

*Бадулина Н.В., Копавич Л.Ф.* Строение и генезис пограничных сеноман-туронских отложений Новороссийского синклинория Северо-Западного Кавказа // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2006а. № 3. С. 9—15.

*Бадулина Н.В., Копавич Л.Ф.* Строение и генезис пограничных сеноман-туронских отложений Новороссийского синклинория Северо-Западного Кавказа // Мат-лы XIII Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов». М., 2006б. Т. 2. С. 68.

*Бадулина Н.В., Копавич Л.Ф.* Строение и генезис пограничных сеноман-туронских отложений Новороссийского синклинория Северо-Западного Кавказа // Меловая система России и ближнего зарубежья: проблемы стратиграфии и палеогеографии, Саратов, СГУ, 2006в. С. 20—21.

*Волков Ю.В., Найдин Д.П.* Вариации климатических зон и поверхностные океанические течения в меловом периоде // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1994. Т. 69, вып. 6. С. 102—103.

*Габдуллин Р.Р.* Ритмичность верхнемеловых отложений Русской плиты, Северо-Западного Кавказа и Юго-Западного Крыма (строение, классификация, модели формирования). М.: Изд-во Моск. ун-та, 2002. 304 с.

*Габдуллин Р.Р., Маринин А.В., Щербинина Е.А.* и др. Строение и условия формирования верхнемеловых ритмичных толщ Северо-Западного Кавказа // Мат-лы Междунар. конф. студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов». М., 2000. Вып. 4. С. 180—181.

*Гаврилов Ю.О., Копавич Л.Ф.* О геохимических, биохимических и биотических следствиях эвстатических колебаний // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1996. Т. 4, № 4. С. 3—14.

*Копавич Л.Ф., Валацки И.* Расчленение турон-коньякских отложений разреза Аксу-Дере по иноцератам и фораминиферам // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 1993. № 5. С. 70—82.

*Кузьмичева Т.А.* Пограничные отложения сеномана и турона в разрезе горы Белой (Юго-Западный Крым) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2000а. № 1. С. 70—73.

*Кузьмичева Т.А.* Рубеж сеноманского и туронского веков в Юго-Западном Крыму (биотические и палеогеографические события): Автореф. канд. дис. М., МГУ, 2000б.

*Кузьмичева Т.А.* Распределение фораминифер в пограничных отложениях сеномана и турона в разрезе горы Белая (Юго-Западный Крым) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2001. № 4. С. 27—35.

*Милеев В.С., Барабошкин Е.Ю., Щербинина Е.А.* и др. К вопросу о структурных связях киммерид Горного Крыма и альпид Северо-Западного Кавказа // Общие вопросы тектоники. Тектоника России: Мат-лы XXXIII Тектонического совещания. М.: GEOS, 2000. С. 326—329.

*Найдин Д.П., Кияшко С.И.* Геохимическая характеристика пограничных отложений сеноман—турона Горного Крыма. Ст. 1. Литологический состав, содержание органического углерода и некоторых элементов // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1994а. Т. 69, вып. 1. С. 28—42.

*Найдин Д.П., Кияшко С.И.* Геохимическая характеристика пограничных отложений сеноман—турона Горного Крыма. Ст. 2. Изотопный состав углерода и кислорода; условия накопления органического углерода // Там же. 1994б. Т. 69, вып. 2. С. 59—74.

*Butt A.* Micropalaeontological bathymetry of the Cretaceous of Western Marocco // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 1982. Vol. 37. P. 235—275.

*Gale A.S., Hancock J.M., Kennedy W.J.* Biostratigraphical and sequence correlation of the Cenomanian successions in Mangyshlak (W. Kazakhstan) and Crimea (Ukraine) with those in southern England // Bull. de L'Institute Royal des Sci. Nature. de Belgique. Sciences de la Terre. 1999. 69-Suppl. A. P. 67—86.

*Hardenbol J., Thierry J., Farley M.B.* et al. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic Framework of European Basins // Mesozoic and Cretaceous Biochronostratigraphy. SEPM Spec. Publ. 1998. 60. Chap. 5.

*Keller G., Pardo A.* Age and paleoenvironment of the Cenomanian-Turonian global stratotype section and point at Pueblo, Colorado // Marine Micropaleontol. 2004. Vol. 51. P. 95—128.

*Kopavich L., Kuzmicheva T.* The Cenomanian-Turonian boundary in southwestern Crimea, Ukraine: Foraminifera and palaeogeographic implications // Wagnreich M. (ed.): Aspects of Cretaceous Stratigraphy and Palaeobiogeography // Österr. Akad. Wiss., Schriftenr. Erdwiss. Komm. Wien, 2002. Bd. 15. P. 129—149.

*Kuhnt W.* Abyssal recolonization by benthic foraminifera after the Cenomanian/Turonian boundary anoxic event in the North Atlantic // Marine Micropaleontol. 1992. Vol. 19. P. 257—274.

*Kuhnt W., Thurow J.* Mid-Cretaceous of the Gibraltar Arch area // Geol. Soc. Spec. Publ. 1986. Vol. 1/21. P. 423—445.

*Kuhnt W., Thurow J., Wiedmann J.* Oceanic anoxic conditions around the Cenomanian/Turonian boundary and the response of the biota // Mitt. Geol.-Paleont. 1986. Vol. 60. P. 205—246.

*Nikishin A.M., Alekseev A.S., Baraboshkin E.J.* et al. The Cretaceous history of the Bakhchisaray area, southern Crimea (Ukraine) // Bull. de L'Institute Royal des Sci. Nature. de Belgique. Sciences de la Terre. 2009. Vol. 78. P. 75—85

*Puceat E., Lecuyer C., Reisberg L.* Neodymium isotope evolution of NW Tethyan upper ocean waters throughout the Cretaceous // Earth and Planet. Sci. Lett. 2005. Vol. 236. P. 705—720.

*Schlanger S.O.* The Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event I. Stratigraphy and distribution of organic carbon-rich beds and the marine  $^{13}\text{C}$  excursion // Marine petroleum source rocks. Special Publication of the Geological Society of London. 1987. Vol. 26. P. 371—399.

*Tyutyunnik O.A., Chkhetija D.N., Getsina M.L.* et al. Microelement composition of Black Sea basin sediments as the evidence of global oceanic anoxic events // Abstr. 4. Black Sea Basin Conference on Analyt. Chemistry. Bulgaria, Sunny Beach, 2007. P. 36.

Кафедра динамической геологии МГУ имени М.В. Ломоносова, Н.В. Бадулина, науч. согр., канд. геол.-минер. н., e-mail: nvbadulina@mail.ru

Кафедра региональной геологии и истории Земли МГУ имени М.В. Ломоносова, Р.Р. Габдуллин, доцент, канд. геол.-минер. н., e-mail: mosgorsun@rambler.ru

Л.Ф. Копавич, доцент, канд. геол.-минер. н., e-mail: lfkopavich@mail.ru

Поступила в редакцию  
22.01.2009