

УДК 551.763

М.Р. Латыпова¹, Л.Ф. Копаевич², А.Г. Калмыков³, А.М. Никишин⁴,
С.И. Бордунов⁵

НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ОКЕАНИЧЕСКОМ БЕСКИСЛОРОДНОМ СОБЫТИИ (ОАЕ2) НА ГРАНИЦЕ СЕНОМАНА И ТУРОНА В РАЗРЕЗЕ р. БИЮК-КАРАСУ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ КРЫМ)

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», геологический факультет. 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, 1

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

В карбонатных разрезах на границе сеноманского и туронского ярусов присутствуют насыщенные органикой глинистые прослои, которые образовались в результате периодического становления бескислородных условий в бассейнах того времени. Изучен разрез пограничных сеноманских и туронских отложений в разрезе на р. Биюк-Карасу (Центральный Крым). Выделены органиконасыщенные темные прослои слабокарбонатных глин, сформировавшихся в период океанических бескислородных событий (Oceanic Anoxic Events — ОАЕ2). Прослои содержат большое количество керогена смешанного типа и представляют собой нефтематеринские толщи, сходные по слагающим их минеральным комплексам, но отличающиеся по количеству органического вещества в них.

Ключевые слова: органиконасыщенные прослои, граница сеномана и турона, бескислородное событие, нефтематеринские породы, Крым.

In the carbonate sections organic-rich clay interlayers on the Cenomanian and Turonian boundary were indicated. They were formed as a result of the periodic formation of anoxic conditions in the basins. A section of the Cenomanian and Turonian boundary sediments at the river Biyuk-Karasu (Central Crimea) was investigated. Dark organic-rich intercalations with light colored carbonate clays formed during the period of ocean anoxic event (OAE2) were identified. These interlayers contain large amount of type II organic matter and are oil source strata. The mineral composition is similar, but intervals differ in the organic matter concentration.

Key words: Organic-rich interlayers, Cenomanian–Turonian boundary, ocean anoxic event, oil source rocks, Mountain Crimea

Введение. Морские карбонатные отложения позднесеноманского и раннетуронского возраста имеют литологические, фаунистические и геохимические характеристики, указывающие на существование обстановок дефицита кислорода в водной толще Мирового океана. Этот непродолжительный эпизод (около 1 млн лет) назван океанским бескислородным событием (Oceanic Anoxic Event — ОАЕ2). Сеноман-туронские преимущественно светлые известняково-глинистые породы содержат от одного до нескольких темноокрашенных битуминозных прослоев с высокой концентрацией органического углерода (C_{org}) (от 1–2 до 20%). Тонкая слоистость и отсутствие биотурбации в этих слоях указывает на исчезновение бентосной фауны. В случае, когда темноокрашенные прослои не выражены, пограничные сеноман-туронские

породы характеризуются специфическими микрофаунистическими комплексами, а также изотопными сигналами, указывающими на аномальную палеогеографическую ситуацию.

Повышенные величины $\delta^{13}C$ интерпретируются как показатели быстрого захоронения громадных масс C_{org} в осадках и роста биопродуктивности на больших пространствах Мирового океана. Впервые эти события описаны в работе [Shlanger, Jenkyns, 1976]. Подробное описание механизма формирования подобных прослоев, именуемых авторами «black shale» приведено в работах [Arthur et al., 1987, 1988]. В отечественной геологии термин «сланцы» чаще применяется к породам, испытавшим метаморфические изменения (за исключением горючих сланцев). Поэтому эти породы называют обычно «черными глина-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, студент; e-mail: margarita.r.latypova@gmail.com

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра региональной геологии и истории Земли, профессор; e-mail: lfkopaevich@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, инженер; e-mail: a.g.kalmykov@gmail.com

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет кафедра региональной геологии и истории Земли, заведующий кафедрой, профессор; e-mail: nikishin@geol.msu.ru

⁵ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет кафедра региональной геологии и истории Земли, вед. науч. с.; e-mail: sib-msu@mail.ru



Рис. 1. Положение разреза на р. Биюк-Карасу на схеме Крымского п-ова

ми» или «черными прослоями» [Левитан, 1978], «высокоуглеродистыми осадочными породами» [Старостин, Япаскерт, 2007]. Мы называем такие породы «органиконасыщенными прослоями».

В разрезах Крыма эти породы на границе сеномана и турона впервые описаны в работах Д.П. Найдина с соавторами [Найдин, Алексеев, 1981; Найдин и др., 1981]. В дальнейшем пограничному сеноман-туронскому интервалу в Юго-Западном Крыму посвящена серия работ, в которых приведено описание вещественного состава пород, их стратиграфическое положение и особенности комплексов макро- и микрофоссилий [Банников и др., 1982; Гаврилов, Копачевич, 1996; Алексеев и др., 1997, 2007; Кораевич, Kuzmicheva, 2002; Кораевич, Vishnevskaya, 2016]. Изучению седиментологических и геохимических особенностей пограничных сеноман-туронских отложений на территории Юго-Западного Крыма также посвящены работы многих исследователей [Найдин, Кияшко, 1994; Бадулина, 2007; Бадулина, Копачевич, 2007; Левитан, и др., 2010; Fisher et al., 2005].

В 2017 г. похожий по строению и составу пограничный сеноман-туронский разрез был обнаружен в Центральном Крыму недалеко от г. Белогорск, на правом берегу р. Биюк-Карасу (рис. 1). Цель нашей работы — анализ литологических и геохимических особенностей строения этого разреза.

Материалы и методы исследований. Описываемый разрез находится в центральной части Крымского п-ова, на правом берегу р. Биюк-Карасу (рис. 2, А). Для изучения состава пород и их

особенностей из обнажения послойно отобрано 5 образцов. При их описании использованы следующие методы. Литологические особенности пород изучали в шлифах, приготовленных на эпоксидной смоле, толщиной 0,02 мм. Шлифы были просмотрены на поляризационном микроскопе «Opton IM35».

Метод пиролитических исследований использован для изучения органического вещества (ОВ) в породах и их нефтематеринского потенциала. Для этого образцы были тщательно перетерты в порошок и исследованы на пиролизаторе Rock-Eval-6 (IFP) на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. В результате исследований получены следующие пиролитические параметры:

S1 — легкие углеводороды (УВ), выделяющиеся при температуре до 300 °С в среде инертного газа, мг УВ/г породы;

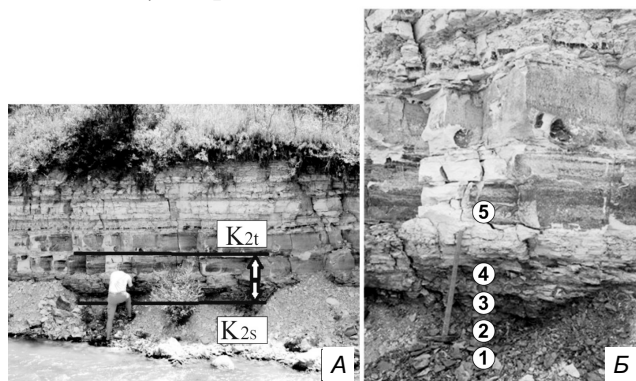


Рис. 2. Фото обнажения на р. Биюк-Карасу (А) и обнажение на побережье р. Биюк-Карасу (Б): 1–4 — глинистая порода, 5 — мергель

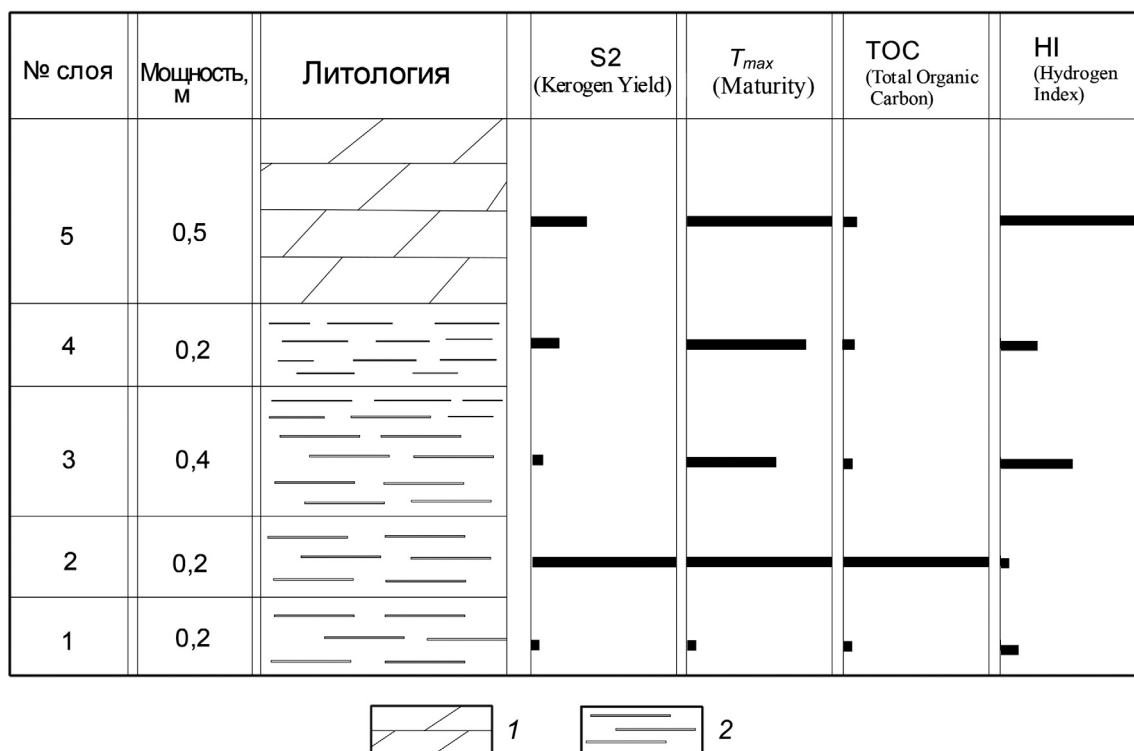


Рис. 3. Литологическая колонка, сопоставленная с данными пиролитических исследований, обнажения у р. Биюк-Карасу: 1 — мергель, 2 — глинистая порода

S2 — углеводороды УВ, выделяющиеся в интервале 300–650 °С в среде инертного газа, мг УВ/г породы. Сумма S1 и S2 показывает значение нефтегазоматеринского потенциала породы;

PI (Production Index) — индекс продуктивности, позволяющий выделить нефтенасыщенные прослои, $PI = S1/(S1+S2)$;

T_{max} — температура максимального выхода УВ при пиролизе, значения T_{max} характеризуют зрелость ОВ;

HI (Hydrogen Index) — водородный индекс, показывающий количество углеводородных частей керогена относительно всего ОВ в породе, мг УВ/г C_{org} . Косвенно указывает степень преобразования органического вещества;

TOC (Total Organic Carbon) — общее содержание органического углерода в породе, масс. %.

К сожалению, выветривание сильно влияет на качество образцов, отобранных из разреза, поэтому в обнажении достаточно часто происходит существенное изменение литологических и геохимических характеристик по сравнению с глубокозалегающими пластами. Глинистые породы больше всего подвержены разрушительным экзогенным процессам.

В области геохимии для сланцев были выполнены исследования [Jaffe et al., 2002], в результате которых доказана связь между глубиной отобранного образца и содержанием C_{org} . Опытным путем доказано, что содержание ТОС на глубине от 0 до 0,9 м в среднем на 77% меньше, чем в этом прослое на глубине более 4,2 м. Для органиконасыщенных прослоев, образовавшихся в процессе диагене-

за, содержание C_{org} увеличивается с глубиной в еще большей степени. Таким образом, вполне возможно, что содержание ОВ в породе гораздо выше, чем показали результаты пиролитических исследований, так как образцы отобраны из выветрелых пород.

Рентгенофазовый анализ необходим для детального изучения минеральных комплексов, которые содержатся в образце. С помощью этого метода исследованы органиконасыщенные прослои, так как состав глинистых компонентов чаще всего сложно различить в шлифе из-за пелитоморфной структуры основной массы. Рентгенофазовый анализ проводился на рентгеновском дифрактометре «ДРОН-3М» («Буревестник», Россия), рабочий ток 20 мА, рабочее напряжение 30 кВ, съемка проводилась с рентгеновской трубкой с Со-антикатодом. Исследования выполнены на кафедре литологии МГУ имени М.В. Ломоносова.

Описание разреза и вещественного состава пород. Разрез на р. Биюк-Карасу находится недалеко от г. Белогорск, обнажение расположено на правом берегу реки (рис. 2, А). На рис. 2, Б показаны выделенные при описании разреза прослои, дано их описание, объединенное с результатами пиролитических исследований (рис. 3). Из этого разреза описано 5 шлифов, по одному из каждого прослоя.

Прослой 1, мощность 20 см, представлен глиной известковистой, темно-серой и черной. В шлифе цвет породы неоднородный — от бледно-рыжеватого до буро-черного. Глина мягкая, крошится в руках. В шлифе глина известковистая. Основная масса породы сложена полиминераль-

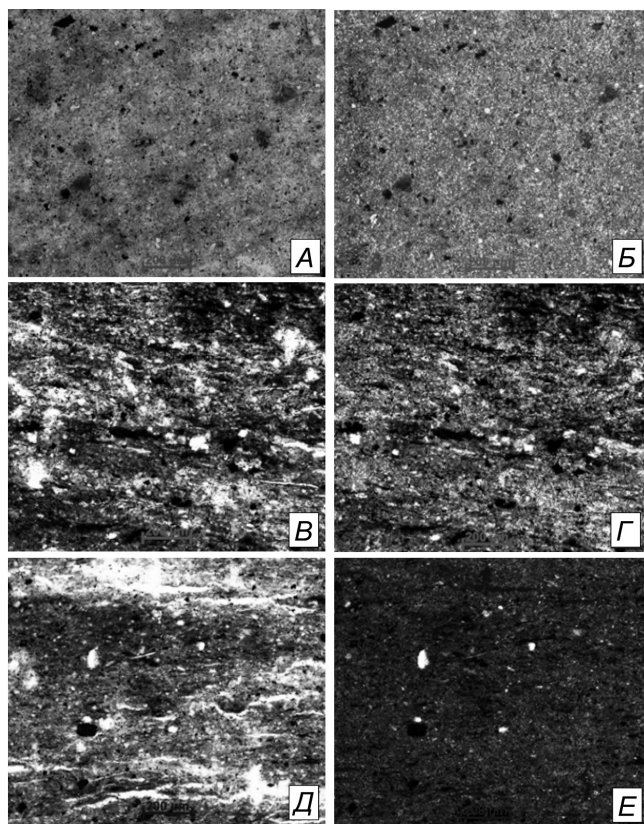


Рис. 4. Фото шлифов: *А* — образец из слоя 1, увеличение 10× при параллельных николях; *Б* — то же при скрещенных николях; *В* — образец из слоя 2, увеличение 10×; *Г* — то же при скрещенных николях; *Д* — образец из слоя 3, увеличение 10×; *Е* — то же при скрещенных николях

ным глинистым веществом (69%), с оксидами железа, с многочисленными включениями ОВ в виде хлопьевидных пленок и стяжений (до 27%) с терригенной составляющей, представленной немногочисленными кварцевыми зернами размером до 0,018 мм (3%) и примесью пирита (1%), рис. 4, *А*, *Б*. Структура породы пелитоморфная, текстура неслоистая.

Прослой 2, мощность ~20 см, представлен глинами известковистыми, темно-серыми. В шлифе цвет породы неоднородный — от бесцветного и бледно-желтого до насыщенного буро-коричневого. Основная масса породы представлена глинистым полиминеральным веществом (55%) с карбонатной составляющей (10%), рис. 4, *В*, *Г*. В породе присутствуют ОВ (25%), алевритовая и тонкопесчаная кварцевая примесь (5%), иногда встречаются крупные зерна кварца, зерна глауконита (5%). Структура породы пелитоморфная, текстура слоистая, слои подчеркнуты распределением вытянутых включений ОВ.

Прослой 3, мощность 30 см, состоит из глины известковистой, светло-голубовато-зеленой, наружная часть имеет более яркий зеленый цвет, возможно, из-за максимально интенсивного выветривания, на свежем сколе цвет бледный, голубоватый. В обнажении между породами прослоев 2 и 3 виден плавный переход. В шлифе цвет

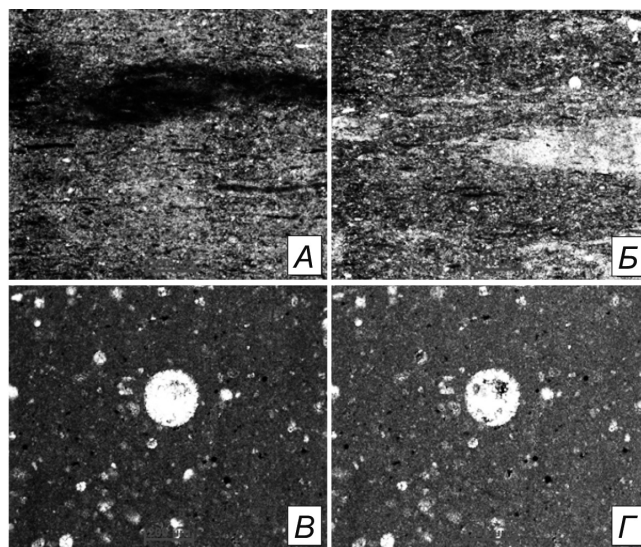


Рис. 5. Фото шлифов: *А* — образец из слоя 4, увеличение 10× при параллельных николях; *Б* — то же при скрещенных николях; *В* — образец из слоя 5, увеличение 10×; *Г* — то же при скрещенных николях

породы неоднородный — от бесцветного и бледно-желтого до насыщенного буро-коричневого. Основная масса породы представлена глинистым полиминеральным веществом (60%) с алевритовой тонкопесчаной кварцевой примесью (10%), с немногочисленными зернами глауконита (5%) и неравномерной послойной пропиткой ОВ (25%) (рис. 4, *Д*, *Е*). Структура пелитоморфная, текстура горизонтально-слоистая, слои подчеркнуты распределением вытянутых включений ОВ.

Прослой 4, мощность 20 см, сложен тонкослоистыми известковистыми глинами серого цвета, более плотными, чем в предыдущих прослоях. В шлифе цвет породы неоднородный — от светло-серого до насыщенного буро-коричневого. Основная масса породы представлена глинистым полиминеральным веществом (45%) с карбонатной составляющей (10%), с большим количеством органики (28%), предположительно водорослевой природы, с алевритовой тонкопесчаной кварцевой примесью (15%) и редкими остатками костей рыб (2%) (рис. 5, *А*, *Б*). Структура породы пелитоморфная, текстура горизонтально-слоистая.

Прослой 5, мощность 50 см, представлен глинистым известняком серовато-белого цвета. В шлифе цвет породы неоднородный — от светло-рыжевато- до серовато-коричневого. Основная масса породы сложена микритовым кальцитом (70%) с перекристаллизованными разобщенными раковинами фораминифер размером 0,015–0,12 мм (15%), с кальцисферами (10%) и с обломками кварца алевритовой размерности (5%) (рис. 5, *В*, *Г*). Структура микрокристаллическая, текстура массивная неслоистая. Генезис породы осадочный биогенный, с привнесением алевритовой примеси.

Таким образом, в шлифах видно, что прослои 1 и 4 содержат большее количество ОВ.

В органиконасыщенных прослоях по разрезу снизу вверх увеличивается количество алевроитовой примеси, последний прослой представлен глинистым известняком, а все нижележащие прослои — известковистыми глинами.

Пиролитическая характеристика пород. Для определения количества и типа ОВ в образцах, а также его зрелости проведены пиролитические анализы, результаты которых представлены в табл. 1. По геохимическим параметрам выделяются два прослоя: 1 и 4, которые характеризуются более высокими пиролитическими характеристиками (табл. 1). Прослои 2 и 3 имеют средние значения пиролитических параметров по сравнению с прослоями 1 и 4.

Таблица 1

Результаты пиролитического исследования

Номер слоя	S1, мг УВ/г породы	S2, мг УВ/г породы	$T_{\max}$, °C	ТОС, масс. %	НІ, мг·УВ/г породы	PI, S1/(S1+S2)
1	0,05	2,37	425	1,43	166	0,02
2	0,03	0,45	410	0,69	65	0,06
3	0,03	0,11	392	0,12	92	0,23
4	0,09	12,72	422	4,14	48	0,01
5	0,03	0,06	328	0,1	60	0,31

На основании полученных пиролитических данных можно сделать вывод, что только прослои 1 и 4 содержат существенное количество ОВ и, следовательно, представляют собой целевые объекты исследований.

Рентгенофазовый анализ. По результатам рентгенофазового анализа (РФА) можно с высокой точностью определить состав образцов глинистых минералов. На анализ были отобраны образцы из прослоев 1 и 4. Основная составляющая во всех изученных пробах — смектит с Mg-обменным комплексом, затем следуют смешанослойная слюда-смектит и гидрослюда. Все эти три составляющие присутствуют в обоих образцах, однако процентное содержание компонентов в них различается (табл. 2).

Результаты исследований и их обсуждение. Существуют разные предположения, объясняющие процесс образования органиконасыщенных глинистых прослоев, например, предполагается широкое распространение бескислородных или обедненных кислородом условий на дне бассейна, а также в толще воды во время формирования таких прослоев, или же локальное распространение стагнации исключительно на дне бассейна. В обеих указанных моделях большое количество ОВ связывают с продуктивностью пелагиали, не исключается и его поступление с суши. Кроме того, существует предположение об условиях медленного изменения глубины водного столба, которые могут возникать при эвстатических транс-

грессиях. Последние способствовали расширению эпиконтинентальных бассейнов и их углублению [Найдин, 1993].

Таблица 2

Минеральные комплексы, рассчитанные по результатам РФА

Прослой 1	%	Прослой 4	%
Смектит с Са-Mg-обменным комплексом	58	Смектит с Са-Mg-обменным комплексом	74
Смешанослойная слюда-смектит	26	Смешанослойная слюда-смектит	11
Гидрослюда	11	Гидрослюда	14
Хлорит	4	Хлорит	1
Каолинит	1	Каолинит	0

Для того чтобы лучше понимать процессы, которые способствовали накоплению ОВ, необходимо изучить как можно больше разрезов, которые содержат органиконасыщенные глинистые прослои.

Пиролитические исследования позволили выделить прослои 1 и 4 по повышенному содержанию ОВ как нефтематеринские толщи, т.е. как осадочные породы, которые способны выделять свободные углеводороды, образованные в результате диагенеза и катагенеза ОВ, заключенного внутри этой породы [Баженова и др., 2000]. Нефтематеринские породы отличаются повышенным содержанием ОВ. Если в породе содержание ОВ > 0,2%, то она считается нефтематеринской [там же]. Основной показатель для выделения нефтематеринских толщ — ТОС. Этот показатель отражает общее содержание $C_{\text{орг}}$ в породе. Поскольку погрешность пиролиза может достигать 0,3 масс. % по ТОС, а породы подвергались вторичным преобразованиям и процессам выветривания, нами было принято решение выделять нефтематеринские интервалы по более высокому содержанию $C_{\text{орг}}$ — ТОС > 1 масс. %. Прослои 1 и 4 — нефтематеринские толщи, однако их геохимические характеристики отличаются. Прослой 1 сложен глиной известковистой с песчаной составляющей, немногочисленными кварцевыми зернами, пиритом, многочисленными включениями ОВ. По результатам рентгенофазового анализа порода, слагающая прослой, состоит из следующих минеральных комплексов: смектит с Са-Mg-обменным комплексом (58%), смешанослойная слюда-смектит (26%), гидрослюда (11%), хлорит (4%), каолинит (1%). Прослой 1 характеризуется следующими пиролитическими параметрами: S2 — 2,37 мг УВ/г. породы; $T_{\max}$ = 425 °C; ТОС = 1,43 масс. %.

Прослой 4 сложен глиной сильноуглеродистой, возможно, с кремниевой составляющей, с множественной органикой предположительно водорослевой природы, с карбонатной и кремнево-халцедоновой составляющей, с алевроитовой микрозернистой примесью кварца и редкими

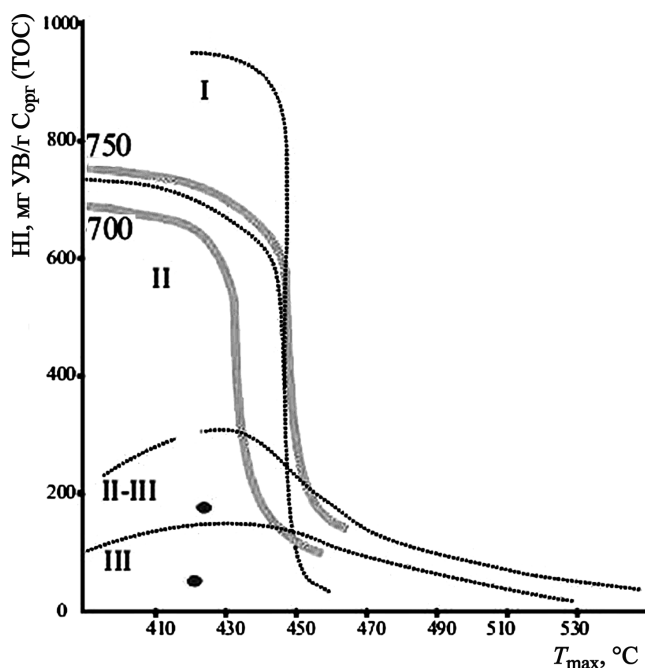


Рис. 6. Модифицированная диаграмма Ван-Кревелена. Римские цифры — разные типы керогена: I — сапропелевый, II — смешанный, III — гумусовый

остатками костей рыб. По результатам рентгенофазового анализа порода, слагающая прослой, состоит из следующих минеральных комплексов: смектит с Ca-Mg-обменным комплексом (74%), смешанослойная слюда-смектит (11%), гидрослюда (14%), хлорит (1%). Прослой 4 характеризуется более высокими пиролитическими параметрами, чем у прослая 1: $S_2=12,72$ мг УВ/г породы, $T_{\max}=422$ °C, $\text{ТОС}=4,14$ масс.%. Прослои 2, 3 и 5 представляют собой вмещающие породы, они не отличаются большим содержанием ОВ. Прослои 2 и 3 сложены известковистой глиной, а прослой 5 — глинистым известняком. Отметим, что в органиконасыщенном прослое 1 встречается редкая алевритовая примесь (3%). В то же время в прослое 4 этой примеси гораздо больше (до 10%), она крупнее. Увеличение терригенной составляющей в органиконасыщенных прослоях вверх по разрезу может свидетельствовать о существовании кратковременного регрессивного эпизода на фоне

общей сеноман-туронской трансгрессии. Это не было частным эпизодом, так как для других сеноман-туронских разрезов в Крыму характерно увеличение терригенной примеси на границе сеномана и турона [Алексеев и др., 1997, 2007; Fisher et al., 2005].

Для определения типа ОВ и стадии его зрелости образцы с содержанием $\text{ТОС}>1$ масс.% из прослоев 1 и 4 были нанесены на модифицированную диаграмму Ван-Кревелена (рис. 6). На диаграмме видно, что ОВ в прослоях из разреза на р. Биюк-Карасу расположено в нижней части диаграммы и лежит в областях, характерных для керогена II-III и III типов. В то же время такое положение точек на графике может быть следствием вторичных процессов как созревания ОВ, так и выветривания. Низкие значения HI могут свидетельствовать о высокой зрелости керогена II типа, что хорошо согласуется с результатами геохимических исследований ОВ в других разрезах пограничных сеноман-туронских отложений, в которых кероген отнесен к II типу, но находится на более низкой стадии зрелости. Таким образом, ОВ исследованного разреза представлено керогеном II типа, который в результате геологических процессов практически вышел из зоны нефтяного окна. Тем не менее есть вероятность, что на рассматриваемой территории происходил снос ОВ с суши, а кероген содержит примесь гумусовой составляющей, что также повлияло на результаты пиролитических исследований.

Выводы. 1. Органиконасыщенные прослои 1 и 4 существенно отличаются между собой по пиролитическим параметрам, а именно по ТОС и содержанию $C_{\text{орг}}$. Содержание ТОС в прослое 4 почти в 4 раза больше, чем в прослое 1.

2. Прослои 1 и 4 сложены одинаковыми минеральными комплексами (рис. 7, А, Б).

3. Принадлежность керогена к II типу позволяет предположить такие условия формирования отложений, в результате которых произошло более существенное преобразование ОВ, или говорить о примеси гумусовой составляющей, из чего можно сделать вывод, что при формировании органиконасыщенных прослоев мог происходить снос ОВ с суши.

4. Наличие двух органиконасыщенных прослоев на

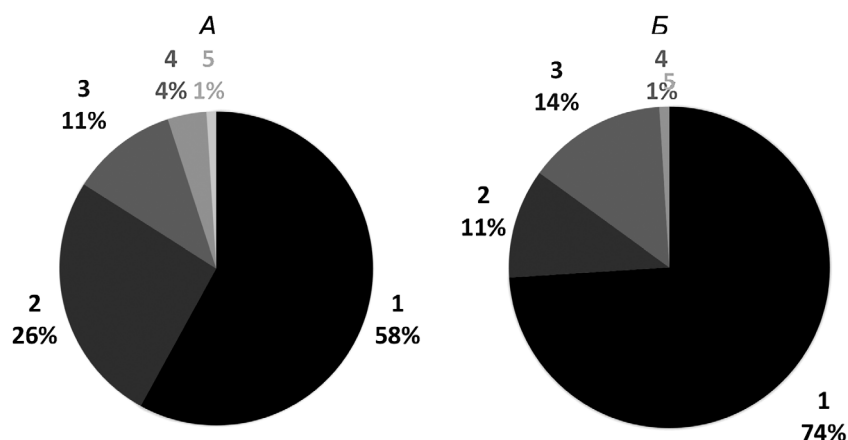


Рис. 7. Круговые диаграммы состава для «черных прослоев» по данным рентгенофазового анализа: 1 — смектит с Mg (Ca, Na)-обменным комплексом, 2 — смешанослойный слюда-смектит, 3 — гидрослюда, 4 — хлорит, 5 — каолинит; А — для слоя 1, Б — для слоя 2

границе сеномана и турона в разрезе на р. Биюк-Карасу свидетельствует о том, что в тот период времени имели место бескислородные обстановки циклического характера, а увеличение количества терригенной составляющей по разрезу может свидетельствовать о существовании кратковременного регрессивного эпизода на фоне общей сеноман-туронской трансгрессии.

5. Доказано сходство прослоев 1 и 4 в разрезе на правом берегу р. Биюк-Карасу, имеющих глинистый состав и высокое насыщение ОВ. Литологическая и геохимическая характеристика этих прослоев позволяет предположить, что они формировались в обстановках, обедненных кислородом, соответствующих глобальному оке-

аническому бескислородному событию ОАЕ-2 (Oceanic Anoxic Events 2) на границе сеномана и турона.

Благодарности. Авторы выражают благодарность О.В. Хотылеву, Е.А. Лыгиной за ценные замечания и консультации. Также авторы благодарны Е.В. Карповой, Н.И. Коробовой за помощь при описании шлифов и В.Л. Косорукову за проведение и интерпретацию результатов рентгенофазового анализа.

Финансирование. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 18-05-00503, 18-05-00495).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.С., Копяевич Л.Ф., Венгерцев В.В., Кузьмичева Т.А. Литология и микропалеонтология пограничных отложений сеномана и турона Юго-Западного Крыма // Очерки геологии Крыма / Тр. Крымского геол. науч.-учеб. центра имени проф. А.А. Богданова. Вып. 1. М., 1997. С. 54–73.

Алексеев А.С., Копяевич Л.Ф., Никишин А.М. и др. Пограничные сеноман-туронские отложения Юго-Западного Крыма. Статья 1. Стратиграфия // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2007. Т. 82, вып. 3. С. 3–29.

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., Габдуллин Р.Р., Копяевич Л.Ф. Палеогеографическая модель сеноман-туронского бескислородного события в центральном и восточном Причерноморье (Крым, Кавказ) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 6. С. 10–17.

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

Банников А.Ф., Федотов В.Ф., Найдин Д.П., Алексеев А.С. Teloostei верхнемеловых отложений Крыма // Докл. АН СССР. 1982. Т. 262, № 4. С. 971–973.

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

Левитан М.А., Алексеев А.С., Бадулина Н.В. и др. Геохимия пограничных сеноман-туронских отложений Горного Крыма и Северо-Западного Кавказа // Геохимия. 2010. № 6. С. 570–591.

Найдин Д.П., Алексеев А.С. Значение данных океанического бурения для интерпретации обстановки накопления сеноманских отложений Горного Крыма // Эволюция организмов и биостратиграфия середины мелового периода. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 7–21.

Найдин Д.П., Алексеев А.С., Копяевич Л.Ф. Фауна туронских отложений междуречья Качи и Бодрака (Крым)

и граница сеноман-турон // Эволюция организмов и биостратиграфия середины мелового периода. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1981. С. 22–40.

Найдин Д.П., Кияшко С.И. Геохимическая характеристика пограничных отложений сеноман-турона Горного Крыма. Статья 1. Литологический состав, содержание органического углерода и некоторых элементов // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1994. Т. 69, вып. 1. С. 28–42.

Arthur M.A., Dean W.E., Pratt L.M. Geochemical and climatic effects of increased marine organic carbon burial at the Cenomanian/Turonian boundary // Nature. 1988. Vol. 335. P. 714–717.

Arthur M., Jenkyns H., Brumsack H., Schlanger O. Stratigraphy, geochemistry, and paleoceanography of organic carbon-rich Cretaceous sequences // Cretaceous Resour., Events and Rhythms: Background and Plans for Res. 1990. Vol. 304. P. 75–119.

Arthur M.A., Schlanger S.O., Jenkyns H.C. The Cenomanian-Turonian Oceanic anoxic event 2. Palaeoceanographic controls on organic-matter production and preservation // Geol. Soc. London, Spec. Publ. 1987. Vol. 26. P. 401–420.

Fisher J.K., Price G.D., Hart M.B., Leng M.J. Stable isotope analysis of the Cenomanian-Turonian (Late Cretaceous) oceanic anoxic event in the Crimea // Cret. Res. 2005. Vol. 26. P. 853–863.

Jaffe L.A., Peucker-Ehrenbrink B., Petsch S.T. Mobility of rhenium, platinum group elements and organic carbon during black shale weathering // Earth Plan. Sci. Lett. 2002. Vol. 198, N 3–4. P. 339–353.

Kopyevich L.F., Kuzmicheva T.A. The Cenomanian-Turonian boundary in southwestern Crimea, Ukraine: Foraminifera and palaeogeographic implications. In Aspects of Cretaceous Stratigraphy and Palaeobiogeography // Osterr. Akad. Wiss., Schrift. Erd-wiss. Komm. Wien. 2002. Vol. 15. P. 129–149.

Kopyevich L.F., Vishnevskaya V.S. Cenomanian-Campanian (Late Cretaceous) planktonic assemblages of the Crimea-Caucasus area: Palaeoceanography, palaeoclimate and sea level changes // Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol. 2016. Vol. 441, N 3. P. 493–515.

Поступила в редакцию 08.12.2018

Поступила с доработки 10.12.2018

Принята к публикации 11.12.2018