

ПОИСКИ И РАЗВЕДКА

Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2024. № 10(394). С. 5–14

Geology, geophysics and development of oil and gas fields. 2024; (10(394)):5–14

УДК 553.98(262.81):(551.7.022+552.5+551.8)

1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЕРХНЕЮРСКИХ-НИЖНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ АКВАТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАСПИЯ

О.И. Смирнова¹, А.Г. Алексеев², Е.Ю. Барабашкин³, М.В. Смирнов⁴

^{1,4}ООО "ЛУКОЙЛ-Инжиниринг", Волгоград, Россия,

²ООО "ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть", Астрахань, Россия,

³Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

¹Olga.Smirnova@lukoil.com, ²Andrei.Alexeev@lukoil.com, ³EJBaraboshkin@mail.ru, ⁴Mikhail.Smirnov@lukoil.com

Аннотация. В результате седиментологического изучения пород кимеридж-берриасского интервала, охарактеризованных керном из скважин, пробуренных в акватории Каспийского моря на территории Прикумско-Центрально-Каспийской системы прогибов и поднятий, была выполнена литотипизация. Также были выделены микрофациальные типы и на этой основе определены фации. Установлено, что данный район в позднеюрскую и начало раннемеловой эпохи представлял собой гомоклиналильный рамп со смешанным карбонатно-терригенным осадконакоплением. В изученном керне в кимеридж-берриасском интервале прослеживается несколько седиментационных циклов, отражающих схожую последовательность фаций от внешнего рамп до внутреннего рамп с надприливной фациальной зоной.

Ключевые слова: Центральный Каспий, пограничные юрско-меловые отложения, литотипы, микрофациальные типы, седиментология

Для цитирования: Литолого-фациальные и палеогеографические особенности верхнеюрских-нижнемеловых отложений акватории центрального Каспия / О.И. Смирнова, А.Г. Алексеев, Е.Ю. Барабашкин, М.В. Смирнов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений – 2024 – № 10(394). – С. 5–14.

Original article

LITHOLOGICAL-FACIAL AND PALEO-GEOGRAPHICAL PECULIARITIES OF THE UPPER JURASSIC–LOWER CRETACEOUS DEPOSITS OF THE CENTRAL CASPIAN WATER AREA

O.I. Smirnova¹, A.G. Alexeev², E.Yu. Baraboshkin³, M.V. Smirnov⁴

^{1,4}LUKOIL-Engineering LLC, Volgograd, Russia,

²LUKOIL-Nizhnevolzhskneft LLC, Astrakhan, Russia,

³M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

¹Olga.Smirnova@lukoil.com, ²Andrei.Alexeev@lukoil.com, ³EJBaraboshkin@mail.ru, ⁴Mikhail.Smirnov@lukoil.com

Abstract. As a result of sedimentological study of the Kimenidge-Berriasian interval rocks, characterized by core from wells, drilled in the Caspian Sea area in the Prikumskaya-Central-Caspian system of depressions and uplifts, lithotypification was carried out. Microfacial types were also identified and facies were determined based on this data. It was established that this area during the late Jurassic and Early Cretaceous periods represented a homoclinal ramp with mixed carbonate-terrigenous sedimentation. Several sedimentary cycles are traced in the studied core from the Kimenidge-Berriasian interval, reflecting a similar sequence of facies from the outer ramp to the inner ramp with a supralittoral facial zone.

Keywords: Central Caspian, boundary Jurassic-Cretaceous deposits, lithotypes, microfacial types, sedimentology

For citation: Lithological-facial and paleo-geographical peculiarities of the Upper Jurassic–Lower Cretaceous deposits of the Central Caspian water area / O.I. Smirnova, A.G. Alexeev, E.Yu. Baraboshkin, M.V. Smirnov // Geology, geophysics and development of oil and gas fields – 2024 – № 10(394) – Pp 5–14.

Введение

Объектом исследования являлись породы кимеридж-берриасского интервала, охарактеризованные керном из скважин, пробуренных в акватории Каспийского моря на территории Прикумско-Центрально-Каспийской системы прогибов и поднятий. Основной целью работ по литолого-стратиграфическим исследованиям керна явилось получение комплексных данных о строении и стратиграфической принадлежности изученного интервала скважин. Работы включали также седиментологическое исследование керна, результаты которого изложены ниже.

Методика работ

Методика работ включала несколько этапов. На первом этапе был описан керн, выделены литотипы, построены седиментологические колонки, определены ихнофоссилии и намечены границы секвенций. Описание сопровождалось детальным фотографированием и отбором образцов для микропалеонтологических исследований. На втором этапе были изучены шлифы, выделены микрофациальные типы карбонатов (МФТ) с использованием модифицированной классификации Р. Данема [1], привязанные к литотипам. На третьем этапе МФТ были сопоставлены со стандартными микрофациями гомоклинальной рампы (РМФ) [2], как наиболее близкого типа карбонатного бассейна. Таким образом была составлена модель седиментационная, в которой МФТ и литотипы привязаны к стандартным фациальным зонам рампы. На заключительном этапе эта модель была дополнена некоторыми деталями, отсутствующими в стандартной модели, но выявленными в изученном керне.

Строение разреза

Все изученные скважины характеризуются схожим типом строения разреза рассматриваемого интервала,

близким к подробно рассмотренным в предшествующих публикациях [3, 4 и др.] разрезам верхнеюрско-нижнемеловых карбонатных отложений акватории Северного Каспия. Отмечается изменчивость полноты и попачечного строения толщ. В разрезе присутствует несколько трансгрессивно-регрессивных циклов (секвенций).

Седиментология изученного материала

На первом этапе на основе исходных материалов были выделены литотипы, построены седиментологические колонки и намечены границы секвенций. На втором этапе были изучены шлифы, выделены микрофациальные типы карбонатов и на этой основе определены фации. Затем результаты интерпретации микрофаций были распространены на разрезы, разработана седиментологическая модель и подтверждены секвентные границы.

Литотипизация

Как указывалось ранее, в начале исследований были выделены литотипы – визуально устанавливаемые типы пород, характеризующиеся специфическими свойствами (структура, текстура, закономерное чередование признаков и т. д.). Литотипы могут повторяться или не повторяться в разрезе: они обозначены латинскими буквами, происходящими от англоязычной аббревиатуры соответствующих терминов. Характерные наборы литотипов образуют фации, сочетания которых, в свою очередь, формируют фациальные ассоциации, входящие в седиментационную модель.

Всего в изученных кимеридж-берриасских разрезах был выделен 21 литотип. В разрезе каждой отдельной скважины установлено до 13–14 литотипов. Ниже рассмотрим их.

Песчаники биотурбированные (Sb) (рис. 1, а). Песчаники полностью биотурбированные (биотурбационный индекс $Bi = 6$), в разной степени глинистые. Био-

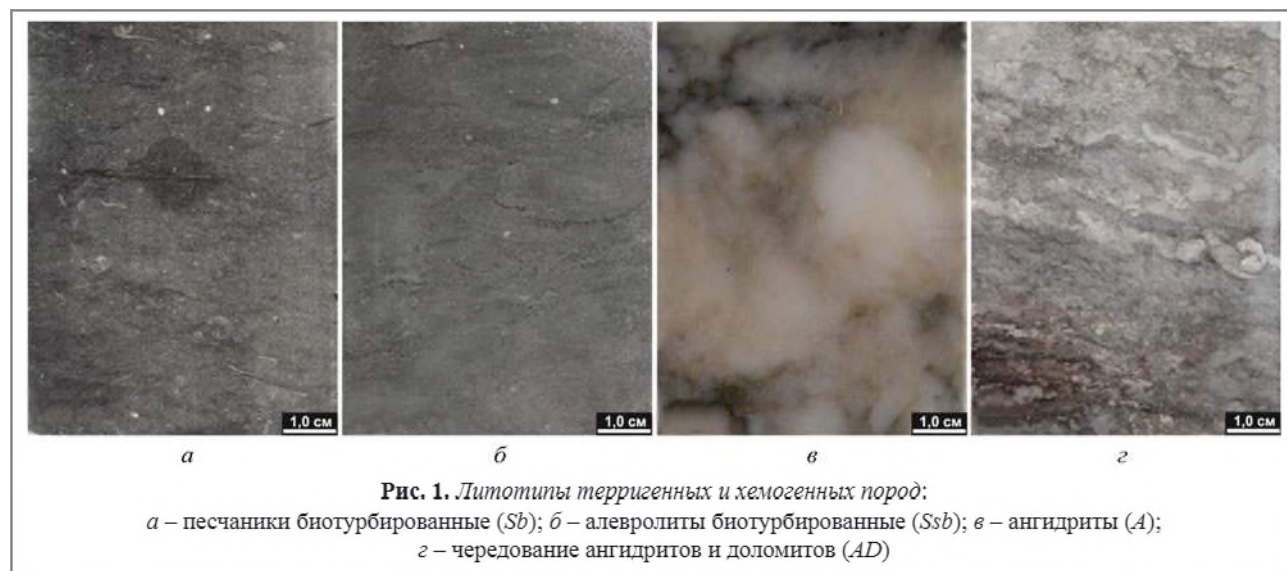


Рис. 1. Литотипы терригенных и хемогенных пород:

а – песчаники биотурбированные (Sb); б – алевролиты биотурбированные (Ssb); в – ангидриты (A); з – чередование ангидритов и доломитов (AD)

турбации разнообразны. Могут присутствовать многочисленные биокласты двустворок, серпул и других организмов. Встречены мелкие конкреции пирита. Цемент кальцитовый. Фация внешнего рампа.

Алевролиты биотурбированные (Ssb) (рис. 1, б). Алевролиты глинистые, известковые, биотурбированные ($Bi = 5-6$), с сантиметровыми интервалами горизонтальной слоистости. Биотурбации видны плохо ввиду сильной гомогенизации породы. Присутствуют мелкие биокласты криноидей, двустворок и зёрна глауконита. Цемент кальцитово-глинистый, в различной степени доломитизирован. Фация внешнего рампа.

Ангидриты (А) (рис. 1, в). Ангидриты белые и серые, слоистые, массивные и нодулярные. Содержат примесь глинистого материала и прослойки аргиллитов и долами-

тов. Иногда текстура мелкокладчатая (энгеролитовая). Фация приливной зоны (себхи). Литотип выделялся только в тех случаях, когда его толщина превышала 10 см. Если в известняках/доломитах были отдельные гнезда ангидрита, то выделялись другие литотипы.

Чередование ангидритов и доломитов (AD) (рис. 1, г). Ангидриты белые и серые, слоистые и массивные, чередующиеся с доломитами. Содержат примесь глины. Иногда отмечается мелкая складчатость. Фация приливной зоны (себхи).

Доломиты (D) (рис. 2, а). Полностью доломитизированные известняки с неясной текстурой – пятнистой, напоминающей биотурбацию, массивной и неяснослоистой. Породы пористые и кавернозные, часть каверн заполнена ангидритом (А). Средний рампа.

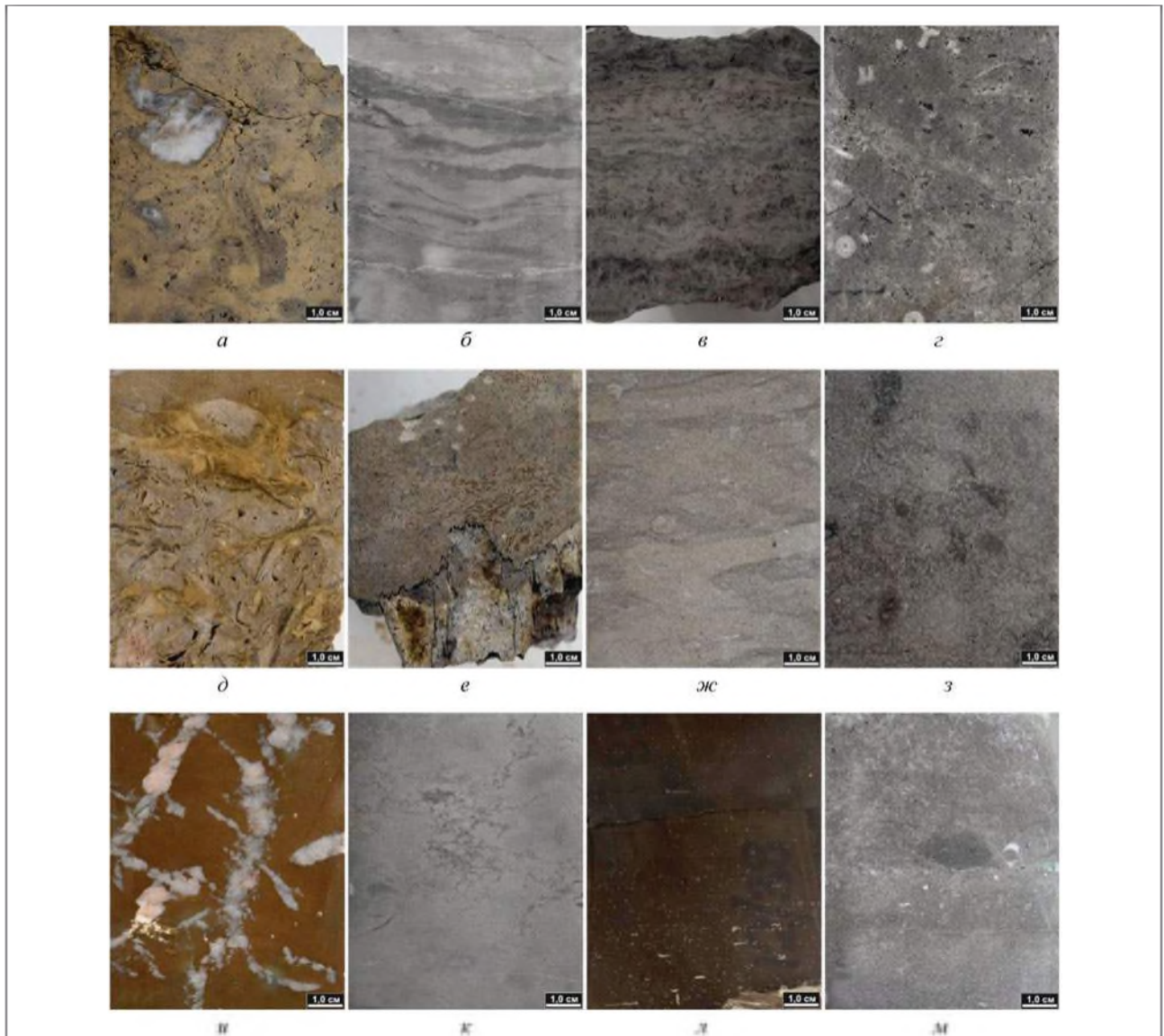


Рис. 2. Литотипы карбонатных пород:

а – доломит (D); б – доломит слоистый (DI); в – доломит слоистый (строматолитовый?) (DI); г – баффлстоун губковый (BS); д – флоатстоун биокластовый (Fb); е – флоатстоун серпуловый (Fs); ж – грейнстоун-пакстоун биотурбированный (GPb); з – пакстоун-грейнстоун ооидный (PGo); и – доломит-доломитизированный мадстоун биотурбированный (DMb); к – мадстоун биотурбированный (Mb); л – мадстоун слоистый (MI); м – вакстоун пелоидный (Pw)

Доломиты слоистые (Dl) (рис. 2, б и в). Слоистые доломиты и доломитизированные известняки со слоистой и неяснослоистой текстурой. Присутствуют строматолиты. Породы частично замещены ангидритом и окремнены. Фашия песчаного мелководья.

Баффлстоун губковый (BS) (рис. 2, г). Биотурбированные флотстоуны, неравномерно алевритистые или песчанистые, пеллоидно-биокластовые, с разнообразными фоссилиями различной сохранности. Присутствуют многочисленные мелкие губки. Развита окремнение и стилолитизация. Фашия губкового рифового холма.

Флотстоун биокластовый (Fb) (рис. 2, д). Биотурбированные флотстоуны, неравномерно алевритистые или песчанистые, пеллоидно-биокластовые, с разнообразными фоссилиями (криноидеями, устрицами, губками и другими) различной сохранности. Интенсивно развита окремнение и стилолитизация. Фашия внешнего рампа.

Флотстоун серпуловый (Fs) (рис. 2, е). Биотурбированные флотстоуны, неравномерно алевритистые или песчанистые, пеллоидно-биокластовые, с разнообразными фоссилиями различной сохранности. Доминируют крупные псевдоколониальные серпулы *Filograna socialis*. Интенсивно развита окремнение и стилолитизация. Фашия среднего рампа/серпулового рифового холма.

Грейнстоун-пакстоун биотурбированный (GPb) (рис. 2, ж). Биотурбированный, редко неяснослоистый пеллоидно-биокластовый грейнстоун-пакстоун с мелкими биокластами криноидей, двустворок, брахиопод, реже колониальных серпул. Породы в разной степени доломитизированные и окремненные. Фашия открытого морского внутреннего рампа.

Пакстоун-грейнстоун ооидный (PGo) (рис. 2, з). Неслоистый ооидно-пеллоидный грейнстоун с редкими миллиметровыми ооидами и многочисленными пеллоидами разного размера. Отсутствие слоистости, вероятно, связано с биотурбацией. Присутствуют мелкие визуально неопределимые биокласты и интракласты. Фашия среднего рампа.

Доломит-доломитизированный мадстоун биотурбированный (DMb) (рис. 2, и). Мадстоуны, биотурбированные корнями или животными, иногда с алевритовой примесью, пеллоидами. На отдельных интервалах красноватые, с вкраплениями и прожилками ангидрита. Фашия надприливной зоны.

Мадстоун биотурбированный (Mb) (рис. 2, к). Мадстоуны, биотурбированные корнями или животными, иногда с алевритовой примесью, пеллоидами. Фашия надприливной зоны.

Мадстоун слоистый (Ml) (рис. 2, л). Глинистые тонкослоистые мадстоуны, неясно биотурбированные, битуминозные. Содержат тонкодисперсный пирит. Фашия внешнего рампа.

Вакстоун пеллоидный (Pw) (рис. 2, м). Биотурбированный биокластовый глинистый вакстоун с мелкими биокластами, в том числе криноидей и окремнением. Индивидуальные биотурбации неопределимы. Горизонтальная слоистость подчеркнута присутствием пеллоидных прослоев. Фашия внешнего рампа.

Рудстоун биокластовый пеллоидный (Rb) (рис. 3, а). Неслоистый рудстоун-грейнстоун с многочисленными разноориентированными крупными биокластами двустворок, гастропод и интракластами. Отсутствие слоистости, вероятно, связано с биотурбацией. Фашия среднего рампа.

Вакстоун биокластовый (Wb) (рис. 3, б). Биотурбированный биокластовый вакстоун с редкими биокластами двустворок. Индивидуальные биотурбации неопределимы. Отмечается пятнистое окремнение. Присутствуют стилолиты и каверны. Фашия внешнего рампа.

Вакстоун алевритистый биотурбированный (WSsb) (рис. 3, в). Известняки глинистые алевритистые, полностью биотурбированные. Присутствуют единичные биокласты криноидей, двустворок и других организмов. Цемент в разной степени доломитизирован, отмечается замещение ангидритом. Фашия внешнего рампа с доминированием горизонтальных биотурбаций.

Вакстоун-мадстоун биотурбированный (WMI) (рис. 3, г). Слоистый мадстоун-вакстоун, местами су-

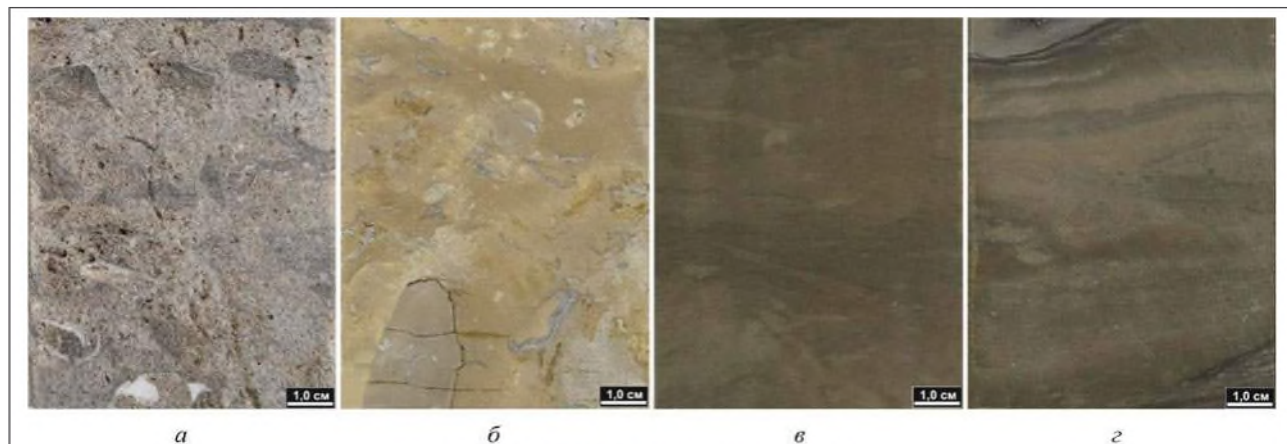


Рис. 3. Литотипы карбонатных пород:

а – рудстоун биокластовый (Rb); б – вакстоун биокластовый (Wb); в – вакстоун алевритистый биотурбированный (WSsb); г – вакстоун-мадстоун биотурбированный (WMI)

шественно биотурбированный, но сохранивший реликты слоистости. Биокласты кривоидей мелкие, плохой сохранности. Среди биотурбаций присутствуют *Phycosiphon* и неопределимые вертикальные норы. Фация ограниченно-морского внутреннего рампа.

Характеристика микрофациальных типов

В ходе исследований была выполнена оценка микрофациальных типов (МФТ) – признаков, объединяющих наиболее характерные черты карбонатных пород в группах шлифов, установленные на конкретном материале. МФТ могут в дальнейшем сопоставляться со стандартными микрофациями, что служит основой для разработки фациальных моделей и контроля обоснованности этих моделей.

Наборы МФТ слагают те или иные литотипы, в изученных шлифах выделено 14 карбонатных МФТ и 3 типа некарбонатных пород.

Приведём характеристику выделенных МФТ:

Биотурбированные песчаники – сильно песчаные доломиты (Sb) (рис. 4, а). Песчаники разнозернистые кварцевые, биотурбированные, с глинисто-карбонатным цементом. Отдельные разности содержат зерна глауконита. *Биокласты*: двустворки, гастроподы, иглокожие и секреторные фораминиферы. *Условия образования*: участвуют в трансгрессивной последовательности. Отложения формировались ниже базиса волн и были подвержены биотурбации. По глубинам тип отвечает нижней предфронтальной зоне или глубокой части внешнего рампа.

Биотурбированный алевритистый пеллоидно-биокластовый вакстоун (Wb) (рис. 4, б). МФТ представлен биотурбированными пеллоидно-биокластовыми вакстоунами с алевритовой размерности зёрнами кварца (до 20–30%), количество которых сильно варьируется. Внутри крупных биотурбаций количество алеврита возрастает. *Карбонатные зёрна*: пеллоиды, биокласты. *Биокласты*: кривоидей, иглы ежей, одиночные серпулы, брахиоподы, двустворки и секреторные фораминиферы. *Терригенная составляющая*: зёрна кварца. *Примеси*: глауконит. *Диагенетические изменения*: доломитизация (до доломитов), реже – замещение ангидритом и гипсом, стилолитизация. *Условия образования*: ниже базиса волн, в условиях спокойной воды нормально-морского бассейна и привноса терригенного материала. Аналог СМФ 9 и РМФ 3 (с использованием моделей Е. Fluegel, 2010 [2]).

Вакстоун-мадстоун неяснослоистый и биотурбированный (Mb) (рис. 4, в). Мадстоуны со вторичной биотурбитовой текстурой. *Карбонатные зёрна*: единичные пеллоиды или

ооиды. *Примеси*: зёрна кварца, растительный детрит. *Биокласты*: редкие двустворки, гастроподы и секреторные бентосные фораминиферы. *Диагенетические изменения*: развитие трещиноватости, стилолитизации, ограниченно – сульфатизация. Породы в разной степени доломитизированы, вплоть до доломитов. *Условия*

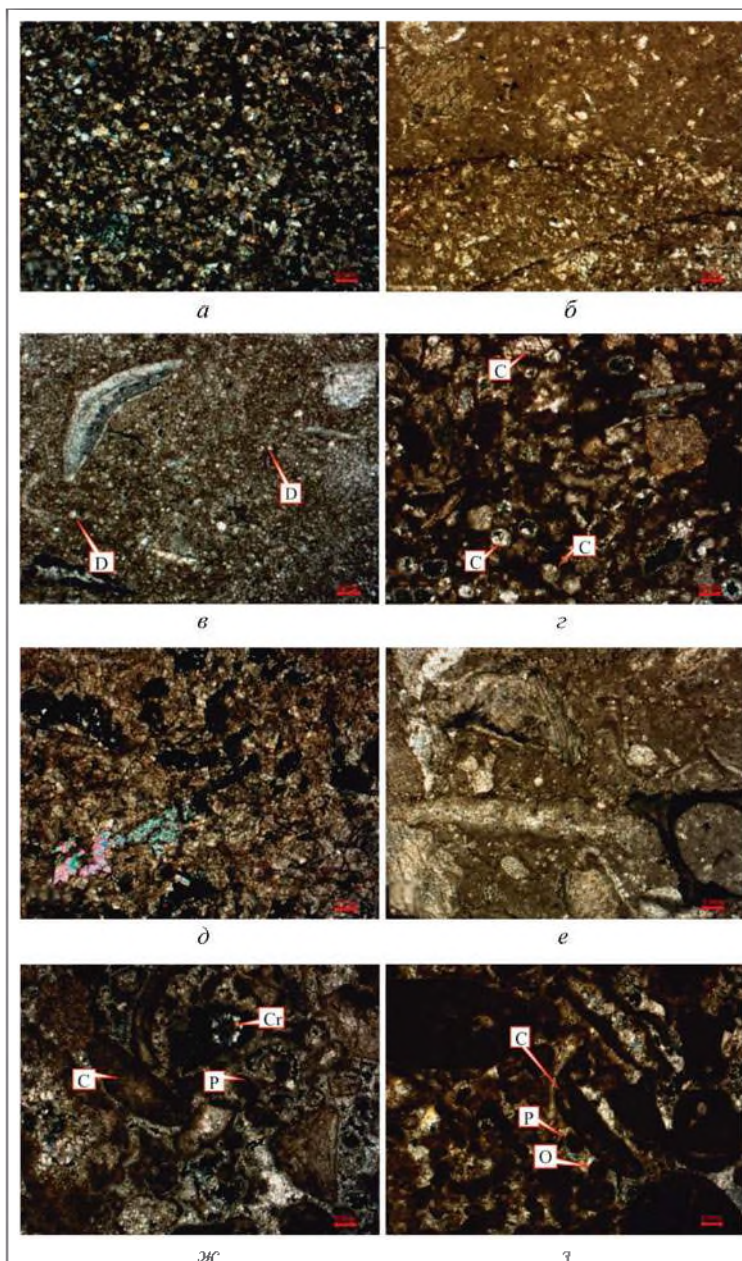


Рис. 4. Микрофациальные типы пород:

а – биотурбированные песчаники – сильно песчаные доломиты (*Sb*); б – биотурбированный алевритистый пеллоидно-биокластовый вакстоун (*Wb*); в – вакстоун-мадстоун неяснослоистый и биотурбированный (*Mb*); г – кальциферовый пеллоидно-биокластовый вакстоун-пакстоун (*WPes*); д – доломит (*D*); е – биокластовый флоатстоун с биокластово-пеллоидным и пеллоидно-биокластовым матриксом (*Fb–Fbp*); ж – пеллоидный; биокластово-пеллоидный и пеллоидно-биокластовый пакстоун-грейнстоун и грейнстоун-пакстоун (*Gp–GPbp*); з – биокластово-ооидно-пеллоидный грейнстоун; грейнстоун-пакстоун; пакстоун-грейнстоун (*Gop; GPop; GBo*). *P* – пеллоиды; *C* – кортоиды; *Cr* – кривоидей; *D* – доломит; *O* – ооиды

образования: присутствие значительного количества микрита указывает на формирование в условиях слабой водной циркуляции, сопровождавшейся биотурбацией осадка. С Mb ассоциируют сантиметровые прослойки с сильно абрадированными биокластами разного состава, интерпретируемые как темпеститы (RMF 6). Отвечает стандартной СМФ 23 или РМФ 2, характерен для внутренней платформы и внешнего рампа.

Кальцисферовый пелоидно-биокластовый вакстоун-пакстоун (WPCs) (рис. 4, г). МФТ представлен биокластовыми, с доминированием кальцисфер, вакстоунами-пакстоунами, с варьирующим количеством пелоидов. Текстура биотурбитовая. *Карбонатные зерна:* пелоиды, биокласты. *Биокласты:* кальцисферы, криноидеи, иглы ежей, одиночные серпулы, брахиоподы, двустворки, мелкие гастроподы, редкие секреторные фораминиферы, абрадированные фрагменты губок, водорослей и одиночных кораллов. *Примеси:* алевритовые зерна кварца. *Диagenетические изменения:* замещение гипсом, халцедоном (в основном, биокластов), доломитизация (до доломитов) и стилолитизация. *Условия образования:* ниже базиса волн, в условиях спокойной воды нормально-морского бассейна. В мезо-кайнозое кальцисферы распространены преимущественно в пределах глубокого шельфа и континентальных склонов. Аналог СМФ 16, 18 и РМФ 17.

Доломиты (D) (рис. 4, д). В данный литотип включались МФТ, в которых первичная структура неопознаваема. Доломиты с кристаллами различного размера, от идиоморфных до ксеноморфных. В виде "теней" или рассеянных зерен могут встречаться биокласты, интракласты, ооиды и образования различной сохранности. *Биокласты:* по морфологии следовых пор, форме "теней" и реликтам биокластов можно определить их принадлежность к двустворкам, криноидеям, серпулам. *Другие карбонатные зерна:* в породах встречаются реликты пелоидов, ооидов и кортоидов, часть из которых впоследствии была окремнена. *Примеси:* алевритовые зерна кварца, реже глауконит. *Диagenетические изменения:* кальцит полностью замещен доломитом. Часть пор заполнена ангидритом, гипсом, очень редко – кальцитом. Реже развито окремнение. *Условия образования:* доломитизация в условиях seabed и при других процессах.

Биокластовый флоатстоун с биокластово-пелоидным и пелоидно-биокластовым матриксом (Fb-Fbp) (рис. 4, е). Флоатстоуны с крупными биокластами, в том числе псевдоколониальными серпулами *Filograna socialis*. Матрикс – биокластово-пелоидные биотурбированные вакстоуны-пакстоуны с остатками иглокожих и другими биокластами. Примесь глинистого материала может быть значительна, присутствуют зерна кварца мелкопесчаной и алевритовой размерности. *Карбонатные зерна:* биокласты, пелоиды и интракласты. *Биокласты:* фрагменты псевдоколониальных *Filograna socialis* и одиночных серпул, криноидей, иглы ежей, обломки раковин двустворок и брахиопод. *Примеси:* зерна кварца. *Диagenетические изменения:* доломитизация, вплоть до перехода в известняки доломитовые, замещение халцедоном (в основном биокла-

стов, но иногда с образованием микросферолитов), реже ангидритом. Даже в случае сильной доломитизации МФТ опознается по унаследованной перекристаллизации колоний серпул. *Условия образования:* обилие микрита, интенсивная биотурбация и присутствие разнообразных биокластов указывают на формирование ниже базиса волн, в условиях спокойной воды нормально-морского бассейна. Аналог СМФ 8 и РМФ 3.

Пелоидный, биокластово-пелоидный и пелоидно-биокластовый пак-грейнстоун и грейнстоунов-пакстоун (Gr-GPbp) (рис. 4, ж). МФТ образован зернами пелоидов и биокластами. Размер и количество пелоидов сильно варьируются, внутренняя часть некоторых пелоидов замешена спаритом, что делает их похожими на кортоиды и ооиды. В небольшом количестве присутствуют агрегаты, экстракласты (в том числе фосфатизированные) и плохо развитые ооиды. Крупные биокласты брахиопод, колониальных и одиночных серпул, двустворок, криноидей в разной степени абрадированы и микритизированы по периферии, образуя кортоиды. Породы биотурбированы. *Карбонатные зерна:* биокласты, пелоиды, единичные агрегаты и абрадированные зерна (экстракласты). *Примеси:* зерна кварца, количество которых может сильно варьироваться. *Биокласты:* фрагменты брахиопод, колониальных и одиночных серпул, двустворки, криноидеи, гастроподы, кальцисферы. *Диagenетические изменения:* трещиноватость, стилолитизация, сульфатизация, реже окремнение. Породы в различной степени доломитизированы, вплоть до перехода в доломиты. *Условия образования:* различное количество микрита указывает на формирование в различных условиях – от активной водной циркуляции до затишных. Примерно соответствует РМФ 6-7, характерен для открыто-морской платформы к подвижной отмели. Присутствие абрадированных зерен, возможно, является индикатором быстрой литификации и переотложения известняков. Данный МФТ часто является матриксом для серпуловых или губковых флоатстоунов.

Биокластово-ооидно-пелоидный грейнстоун, грейнстоун-пакстоун, пакстоун-грейнстоун (Gor, GPop, GBo) (рис. 4, з). Грейнстоуны-пакстоуны и пакстоуны-грейнстоуны образованы крупными зернами пелоидов и более редкими биокластами и ооидами на фоне преобладающего матрикса. Характерной чертой является массивная и биотурбитовая текстура. *Карбонатные зерна:* биокласты, пелоиды, ооиды и абрадированные зерна. *Примеси:* зерна кварца. *Биокласты:* брахиоподы, двустворки, гастроподы, криноидеи, иглы ежей, кальцисферы. *Диagenетические изменения:* трещиноватость, стилолитизация, замещение гипсом и ангидритом, реже – халцедоном. Породы в разной степени доломитизированы до перехода в доломиты. Присутствуют кристаллы гипса и ангидрита, замещающие как биокласты, так и части других зерен. *Условия образования:* наличие микрита указывает на формирование в условиях вялой водной циркуляции и биотурбации осадка. Отвечает СМФ 15 или РМФ 30, характерен для среднего рампа.

Соотношение литотипов и МФТ

Из анализа материалов соотношения литотипов и МФТ понятно, что использование литотипов для распространения седиментологической интерпретации на весь керн даже одной отдельной скважины невозможно, поскольку большинству наиболее широко распространенных из них (Rb, Grb, DSsb и др.) отвечает от 3

до 6 МФТ, причем в разных скважинах они также разные. Это означает, что вследствие сильных вторичных преобразований (доломитизации и замещения ангидритами) большинство первичных признаков стали непознаваемыми и выделенные литотипы не отражают истинной фациальной картины. Поэтому при дальнейшей интерпретации авторы отказались от их использования и основывали свои выводы преимущественно на данных микрофациального анализа.

Сопоставление установленных микрофациальных типов (МФТ) стандартных микрофаций рампа (РМФ) и окаймленной платформы (СМФ) (с использованием моделей E. Fluegel, 2010 [2])

МФТ	СМФ	РМФ
Sb – биотурбированный песчаник – сильно песчаный доломит		
MSs – алевролитистый мадстоун и алевролит		
Mb – вакстоун-мадстоун неяснослойстый и биотурбированный	СМФ 23	РМФ 2
SsWph – биотурбированный алевролитистый пеллоидно-биокластовый вакстоун	СМФ 9	
cWPbp – кальциферовый пеллоидно-биокластовый вакстоун-пакстоун	СМФ 16	РМФ 17
DAI – слоистое чередование ангидритов и доломитов	СМФ 25	РМФ 25
sF(WPbp) – серпуловый флоатстоун с биокластовым, биокластово-пеллоидным и пеллоидно-биокластовым матриксом	СМФ 8	РМФ 3
srF(WMbp) – губковый флоатстоун с матриксом из биокластово-пеллоидных вакстоунов-мадстоунов	СМФ 8	РМФ 3
oF(WMbp) – ветричный флоатстоун с матриксом из биокластово-пеллоидных вакстоунов-мадстоунов	СМФ 8	РМФ 3
RGbr – биокластовый, биокластово-пеллоидный и пеллоидно-биокластовый пакстоун-грейнстоун и грейнстоун-пакстоун		РМФ 6-7
Rcb – кортилоно-биокластовый рудстоун (матрикс-биокластово-оолитно-пеллоидный пакстоун-грейнстоун)		РМФ 30
WPbp – биокластово-оолитно-пеллоидный вакстоун-пакстоун	СМФ 15	РМФ 30
WMb – биокластовый вакстоун и мадстоун-вакстоун	СМФ 8	РМФ 3
WPbr – биокластово-пеллоидный и пеллоидно-биокластовый вакстоун-пакстоун	СМФ 8	РМФ 3

Таблица 1 Установленные МФТ имеют аналоги среди стандартных микрофаций окаймленной платформы (СМФ) и обычных микрофаций рампа (РМФ) (табл. 1).

Как видно из табл. 1, полного соответствия нет ни с СМФ, ни с РМФ, но набор МФТ ближе к микрофациям рампа. Также следует принять во внимание, что среди МФТ отсутствуют нормальные рифовые баундстоуны и/или хорошо развитые фашии оолитных отложений, а также склоновые фашии, что делает интерпретацию рампа более близкой к данному набору МФТ и их последовательности в керне. Отсутствие микрофаций гравитационных потоков позволяет из двух общепринятых моделей рампов (гомоклиального и ступенчатого) выбрать модель гомоклиального рампа, как более близкую к нашей фациальной последовательности, и в соответствии с ней интерпретировать фашии.

Седиментационная модель кимеридж-берриасского интервала

В изученном керне прослеживается несколько седиментационных циклов, отражающих схожую последовательность фаший от внешнего рампа до внутреннего рампа с надприливной фациальной зоной (рис. 5). Соот-

Таблица 2

Суммарное распределение МФТ по фашиям

Микрофациальный тип Фашия	Sb	MSs	Mb	DAI	Hcb	oF(WPbp)	WPbp	cWPbp	RGbr	WPbr	WMb	SsWpb	srF(WMbp)	oF(WMbp)
Надприливная зона														
Себжа														
Песчаное мелководье														
Открыто-морской внутренний рампа														
Средний рампа														
Рифовый (губковый) холм														
Внешний рампа														

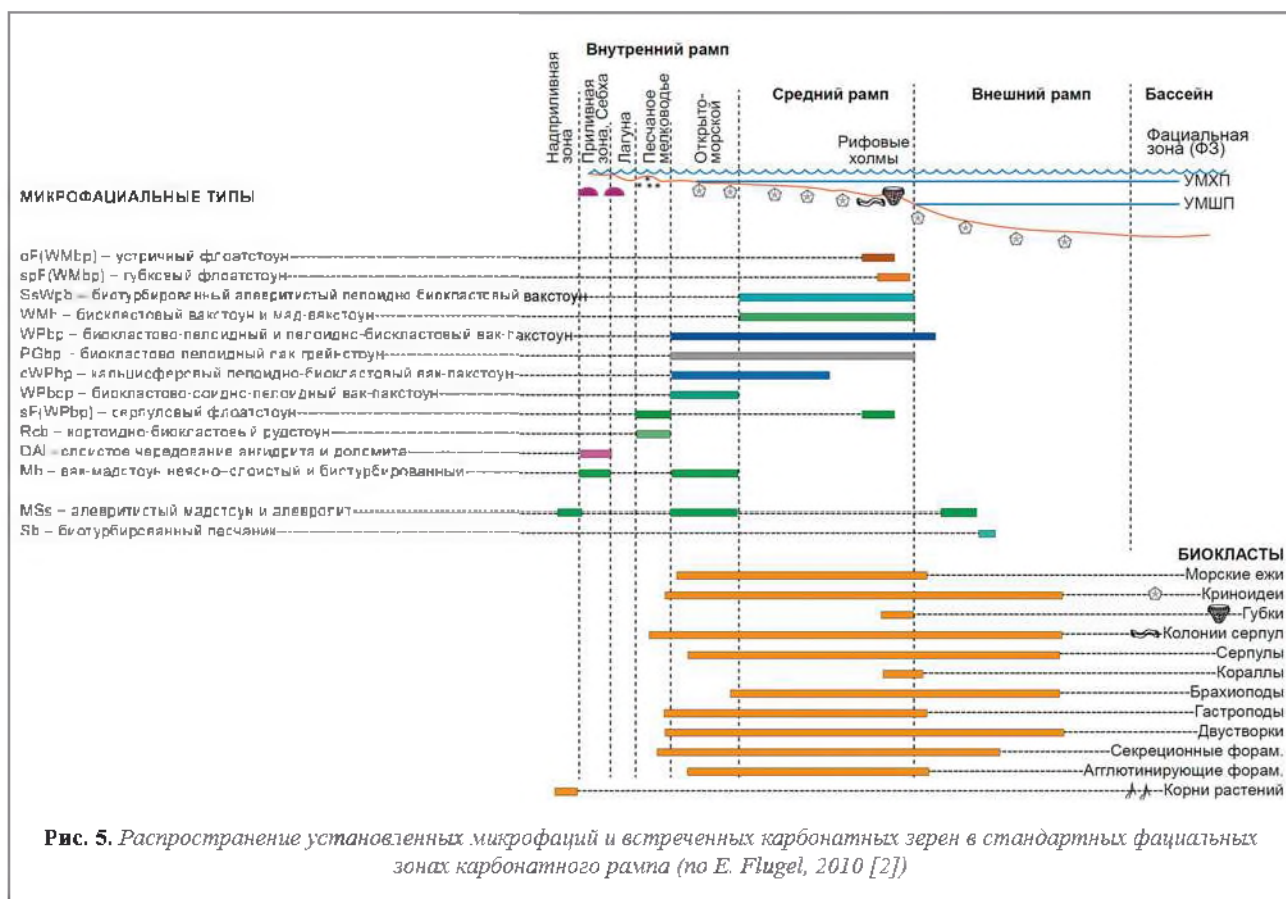


Рис. 5. Распространение установленных микрофаций и встреченных карбонатных зерен в стандартных фациальных зонах карбонатного рампа (по E. Flugel, 2010 [2])

ветствие наборов МФТ выделяемым фациям представлено в табл. 2.

Характеристика фаций

Фа́ция внешнего рампа (рис. 6. а) сложена биотурбированными (биотурбационный индекс $Bi = 6$) песчаниками, песчанистыми вакстоунами-пакстоунами и алевролитами, переходящими вверх в биотурбированные пелоидные мадстоуны-вакстоуны-пакстоуны. Среди ихнофоссилий определены *Teichichmus*, *Asterosoma*, *Planolites*, *Thalassinoides*, *Phycosiphon*, *Chondrites* и единичные *Zoophycos* ихнофа́ции *Stuziana*.

Фа́ция среднего рампа (рис. 6. б) образована биотурбированными ($Bi = 6$) биокластово-пелоидными мадстоунами-вакстоунами-пакстоунами, реже рудстоунами и флоатстоунами (с характерными псевдоколониальными серпулами *Filograna socialis*), и переходящими вверх в биокластово-пелоидные пакстоун-грейнстоуны и рудстоуны, иногда с ооидами. Среди ихнофоссилий определены *Teichichmus*, *Asterosoma*, *Planolites* ихнофа́ции *Stuziana*. В ряде скважин дополнительно выделяется фа́ция губковых холмов среднего рампа. Это биотурбированные ($Bi = 6$) пакстоуны-флоатстоуны с многочисленными мелкими губками, биокластами, пелоидами. Из биотурбаций достоверны только *Planolites*, поэтому ихнофа́ция неопределима.

Фа́ция открыто-морского внутреннего рампа (рис. 6. в) состоит из биотурбированных ($Bi = 6$) био-

кластово- и ооидно-пелоидных пакстоунов-грейнстоунов, реже рудстоунов и флоатстоунов, переходящих вверх в слоистые ооидно-пелоидные грейнстоуны. Биотурбации неопределимы.

Фа́ция песчаного мелководья внутреннего рампа (рис. 6. г) сложена биокластово- и ооидно-пелоидными горизонтально- и косослоистыми ($Bi = 1 \dots 3$) грейнстоунами, реже флоатстоунами и байндстоунами, переходящими вверх в горизонтально-слоистые строматолитовые байндстоуны.

Фа́ция приливной зоны внутреннего рампа (рис. 6. д) образована линзовидно- и горизонтально-слоистыми строматолитовыми (с низким рельефом) байндстоунами и биотурбированными мадстоунами, реже горизонтально-слоистыми ооидно-пелоидными грейнстоунами-пакстоунами, нодулярными ангидритами и доломитами. Присутствует алевроитовая примесь кварца, отдельные ооиды и пелоиды.

Завершает последовательность фа́ция надприливной зоны/верхнего пляжа внутреннего рампа (рис. 6. е), состоящая из серо- и красноватых биотурбированных известковых алевролитов и биотурбированных (?) алевроитистых мадстоунов и алевролитов с песчаной примесью (до песчаников) и ангидритами себхи.

В керне хорошо прослеживаются несколько седиментационных циклов (секвенций), отражающих последовательную смену фа́ций: от трансгрессивных внешнего рампа до регрессивных внутреннего рампа. Во всех скважинах идентифицированы секвенции Ti_3 ,

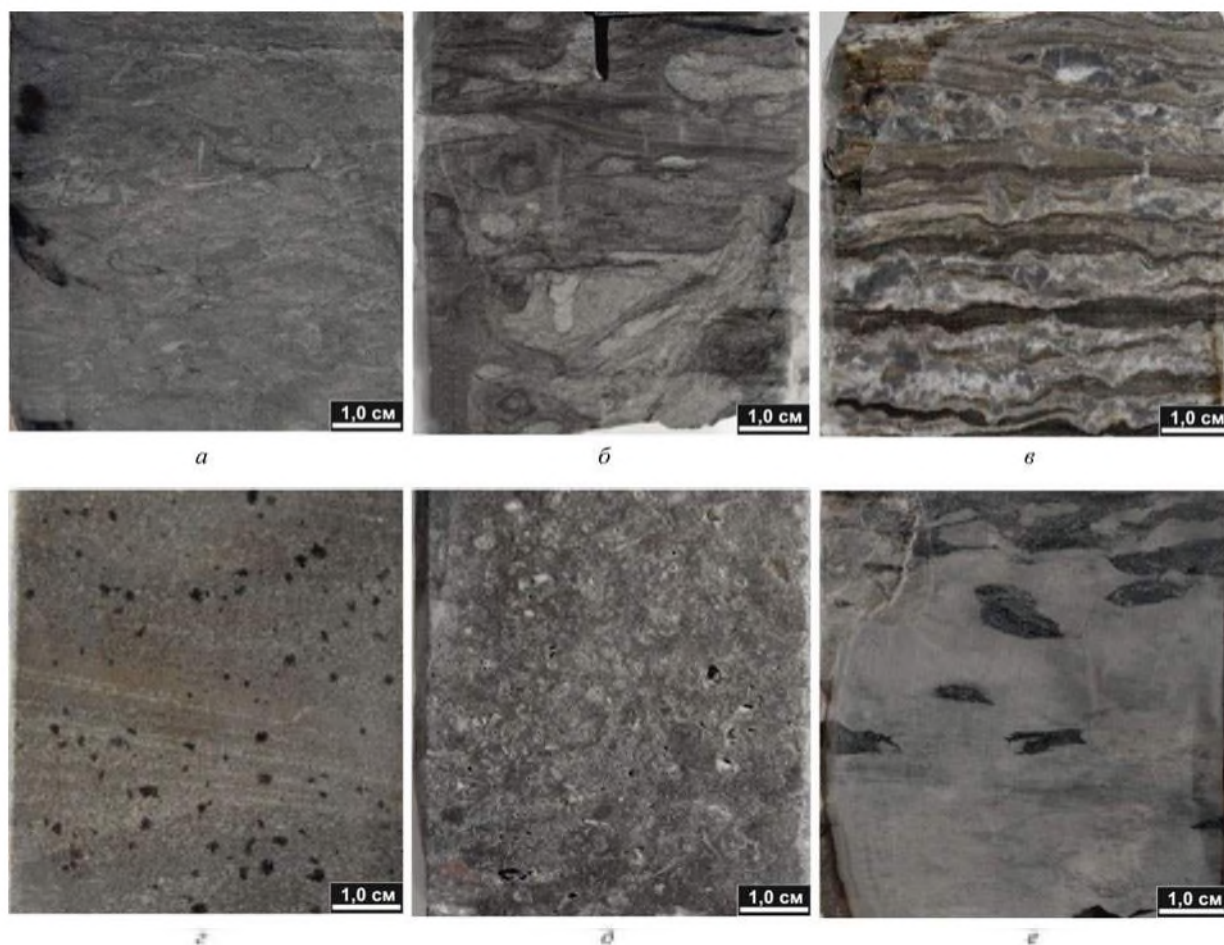


Рис. 6. Примеры типовых отложений установленных фаций:

a – трансгрессивные биотурбированные песчаники. Слои с *Spiroplectamina* cf. *vicinalis*, *Recurvoides* cf. *Excellens*; *б* – трансгрессивные биотурбированные песчаные доломиты; *в* – слоистые строматолитовые пелоидные грейнстоуны с кремнисто-ангидритовым замещением; *г* – ооидно-пелоидные грейнстоуны с косой слоистостью. Слои с *Spiroplectamina* cf. *vicinalis*, *Recurvoides* cf. *Excellens*; *д* – неслоистые биокластово-ооидно-пелоидные грейнстоуны-рудстоуны; *е* – алевритистые мадстоуны с норами *Ophiomorpha* и *Thalassinoides*, слои с *Spiroplectamina* cf. *vicinalis*, *Recurvoides* cf. *Excellens*

Ti₅, Ti₆, Be₂ [5]. В остальных случаях присутствуют только фрагменты секвенций или они не устанавливаются из-за перерывов. Наиболее ярко представлена секвентная граница SB Ti₆, выраженная красноцветными алевритовыми (золотыми?) мадстоунами с нодулярными ангидритами надприливной зоны (себхи). Она отвечает максимальному обмелению данного региона.

Соотношение с региональными данными

Рассматриваемый район расположен в месте развития Каспийского пролива [6], через который осуществлялась связь между бассейном Русской плиты и далее, к северу, бореальным бассейном, и северной окраиной бассейна Тетис. Он расположен на стыке нескольких палеогеографических областей. Представляется, что он развивался в рассматриваемый интервал времени следующим образом.

В кимериджский век происходит трансгрессия. На территории Скифской плиты (Терско-Каспийский прогиб) начала формироваться карбонатная платформа (кимеридж), позже превратившаяся в солеродную лагуну (конец кимериджа – середина титона), изолированную с юга цепочкой барьерных рифов (Большой Кавказ) и системой поднятий Восточного Дагестана. Мелководный морской бассейн покрывал весь Прикаспий и Закаспий, где происходило карбонатно-терригенное осадконакопление. Источники сноса располагались главным образом на Южном Урале и к востоку от Устюрта.

В районе Северного Каспия кимеридж-титонские отложения накапливались в периодически сменявшихся (снизу вверх) мелководно-морских, лагунных и субаэральных обстановках. Трансгрессивные морские обстановки кимериджа сменяются регрессивными фациями полуизолированной лагуны с редкими штормовыми событиями. Позже лагуна была изолирована от от-

крытого бассейна и в ней формировались фашии себхи. где наряду с карбонатами цианобактерного происхождения периодически осаждались сульфаты (гипс, ангидрит), в связи с чем происходила доломитизация и ангидритизация карбонатов.

Образование пояса зарифовых лагун в районе Северного Каспия привело к изоляции бассейна Русской плиты, где формировались преимущественно терригенные отложения (в том числе битуминозные сланцы) волжского яруса от бассейна Скифско-Туранской плиты с карбонатными отложениями титона. К концу юры-началу мела рассматриваемый бассейн с севера был ограничен полосой поднятий Донбасса – Кряжа Карпинского, а с юга – поднятием (или системой поднятий), протягивавшимся от современного Южного Дагестана до Красноводска. В течение позднего титона этот бассейн несколько раз испытывал обмеление. Окончательная изоляция произошла в конце титона, что повлекло за собой накопление эвапоритов и осушение бассейна.

В начале позднего берриаса произошло открытие Каспийского пролива. Трансгрессия развивалась очень быстро, о чем свидетельствует практически одинаковое строение разрезов нижней части верхнего берриаса в изученном районе и на Мангышлаке.

Выводы

1. На основе седиментологического и микрофашиального изучения установлено, что данный район в позднеюрскую и начало раннемеловой эпохи представлял собой рампу со смешанным карбонатно-терригенным осадконакоплением.

2. Отсутствие микрофашии гравитационных потоков позволяет из двух общепринятых моделей рампов (гомоклинального и ступенчатого) выбрать модель гомоклинального рампа, как более близкую к нашей фашиальной последовательности, и в соответствии с ней интерпретировать фашии.

3. В изученном керне из кимеридж-берриасского интервала прослеживаются несколько седиментационных циклов, отражающих схожую последовательность фашии от внешнего рампа до внутреннего рампа с надприливной фашиальной зоной.

4. Полученные выводы будут использованы в процессе системного анализа слоевых ассоциаций в практических целях: при выяснении закономерностей размещения и условий формирования месторождений

нефти и газа, прогнозировании их поисков, разведке и оценке запасов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Embry A.F., Klovan J.E. A Late Devonian reef tract on north-eastern Banks Island, N.W.T. // *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*. – 1971. – Vol. 19 – Pp 730–781.
2. Flügel E. *Microfacies Analysis of Limestones. Analysis, Interpretation and Application*. – Berlin: Springer, 2010. – 894 p.
3. Титон и неокм Северного Каспия / М.В. Смирнов, Е.Ю. Барабошкин, Т.Н. Богданова [и др.] // *Бюллетень Моск. об-ва испытателей природы (МОИП), отдел геологический*. – 2004. – Т. 79. – Вып. 2. – С. 30–39.
4. Пограничные юрско-меловые отложения акватории Среднего Каспия: строение, стратификация и перспективы нефтегазоносности (на примере Сарматско-Хвалынской зоны поднятий) / М.В. Смирнов, С.Ю. Штунь, О.И. Смирнова, П.Ф. Попова // *Нефт. хоз-во*. – 2019. – № 8 – С. 22–26 – DOI: 10.24887/0028-2448-2019-8-22-26
5. Ogg J.G., Ogg G.M., Gradstein F.M. *A Concise Geologic Time Scale: 2016* // Amsterdam: Elsevier, 2016. – 230 p.
6. Пролывы Северного полушария в мелу и палеогене / Е.Ю. Барабошкин, Д.П. Найдин, В.Н. Беньямовский [и др.]. – М.: Изд-во Геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, 2007. – 182 с.

REFERENCES

1. Embry A.F., Klovan J.E. A Late Devonian reef tract on north-eastern Banks Island, N.W.T. // *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*. – 1971. – Vol. 19 – Pp 730–781.
2. Flügel E. *Microfacies Analysis of Limestones. Analysis, Interpretation and Application*. – Berlin: Springer, 2010. – 894 p.
3. Titon i neokm Severnogo Kaspiya / M.V. Smirnov, E.Yu. Baraboshkin, T.N. Bogdanova [i dr.] // *Byulleten' Mosk. ob-va ispytateley prirody (MOIP), otdel geologicheskiiy*. – 2004. – T. 79. – Вып. 2. – С. 30–39
4. Pogranichnye yursko-melovye otlozheniya akvatorii Srednego Kaspiya: stroenie, stratifikatsiya i perspektivy neftegazonosnosti (na primere Sarmatsko-Khvalynskoy zony podnyatiy) / M.V. Smirnov, S.Yu. Shtun', O.I. Smirnova, P.F. Popova // *Nefl. khoz-vo*. – 2019. – № 8 – С. 22–26. – DOI: 10.24887/0028-2448-2019-8-22-26
5. Ogg J.G., Ogg G.M., Gradstein F.M. *A Concise Geologic Time Scale: 2016* // Amsterdam: Elsevier, 2016. – 230 p.
6. Prolivy Severnogo polushariya v melu i paleogene / E.Yu. Baraboshkin, D.P. Naydin, V.N. Ben'yamovskiy [i dr.]. – М.: Izd-vo Geologicheskogo fakul'teta MGU im. M.V. Lomonosova, 2007. – 182 s.

Информация об авторах

Ольга Игоревна Смирнова, ведущий инженер
 Андрей Германович Алексеев, канд. геол.-минерал. наук, начальник отдела
 Евгений Юрьевич Барабошкин, д-р геол.-минерал. наук, профессор
 Михаил Викторович Смирнов, начальник отдела

Information about the authors

Olga I. Smirnova, leading engineer
 Andrey G. Alexeev, PhD (geol.-mineral.), head of the Department
 Evgeniy Yu. Baraboshkin, DSc (geol.-mineral.), Professor
 Mikhail V. Smirnov, head of the Department

Статья поступила в редакцию 02.07.2024; одобрена после рецензирования 15.07.2024; принята к публикации 22.07.2024.