

Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2025. № 2(398). С. 14–24.

Geology, geophysics and development of oil and gas fields. 2025; (2(398)):14–24.

УДК 553.98(262.81)

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

ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГОТЕРИВ-БАРРЕМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

О.И. Смирнова¹, А.Г. Алексеев², Е.Ю. Барабошкин³, 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, ²Andrej.Alexeev@lukoil.com, ³EJBaraboshkin@mail.ru, ⁴Mikhail.Smirnov@lukoil.com

Аннотация. В результате седиментологического изучения готерив-барремских отложений, охарактеризованных керном из скважин, пробуренных в северной части акватории Каспийского моря на территории Каспийско-Мангышлакской системы поднятий, была выполнена литотипизация. Также были выделены петротипы и на этой основе установлены фации переходной, нижней и средней-верхней префронтальной зон пляжа; песчаной, смешанной и иловой приливной отмели и приливного русла, относящиеся к модели высокоэнергетического побережья с приливным воздействием. 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 и разведки и при оценке запасов.

Ключевые слова: Северный Каспий, готерив-барремские отложения, литотипы, петротипы, фации

Для цитирования: Литолого-фациальные особенности готерив-барремских отложений Северного Каспия / О.И. Смирнова, А.Г. Алексеев, Е.Ю. Барабошкин, М.В. Смирнов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2025. – № 2(398). – С. 14–24.

Original article

LITHOLOGICAL AND FACIES PECULARITIES OF THE HAUTERIVIAN-BARREMIAN DEPOSITS OF THE NORTHERN CASPIAN

O.I. Smirnova¹, A.G. Alekseev², E.Yu. Baraboshkin³, M.V. Smirnov⁴

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

² LUKOIL-Nizhnevolzhskneft LLC, Astrakhan, Russia,

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

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

Abstract. As a result of sedimentological study of Hauterivian-Barremian sequences, characterized by core from wells, drilled in the northern part of the Caspian Sea in the territory of the Caspian-Mangyshlak system of uplifts, lithotypization was performed. Petrotypes were also identified and on this basis facies of the transitional, lower and middle-upper prefrontal zones of the beach; sandy, mixed and silt tidal shallows and tidal channel, related to the model of high-energy coast with tidal action were established. The findings will be used in the process of system analysis of layer associations for practical purposes: in determining the patterns of placement and conditions of formation of oil and gas fields, forecasting their search, exploration and assessment of reserves.

Keywords: Northern Caspian, Hauterivian-Barremian deposits, lithotypes, petrotypes, facies

For citation: Lithological and facies peculiarities of the Hauterivian-Barremian deposits of the Northern Caspian / O.I. Smirnova, A.G. Alekseev, E.Yu. Baraboshkin, M.V. Smirnov // Geology, geophysics and development of oil and gas fields. – 2025. – № 2(398). – Pp. 14–24.

Введение

Объектом исследования являлись породы готерив-барремского интервала, охарактеризованные керном из скважин, пробуренных в акватории Каспийского моря на территории Каспийско-Мангышлакской системы поднятий. Основной целью работ по литолого-стратиграфическим исследованиям керна явилось получение комплексных данных о строении и стратиграфической принадлежности изученного интервала скважин. Рабо-

ты включали также седиментологическое исследование керна, результаты которого и будут изложены в данной статье.

Строение разреза

Отложения нерасчлененных готеривского и барремского ярусов на рассматриваемой территории залегают с резким несогласием на разновозрастных отложениях верхней юры, от оксфордского яруса до волж-

ского регионаруса, и представлены толщей переслаивания песчаников (преобладают), алевролитов и уплотнённых глин [1].

Основной элемент чередования – слои и пачки песчаников светло-серых мелкозернистых, иногда средне-мелкозернистых, с редкими (приуроченными к подошвенной части) прослоями (толщиной до 90 см) средне-крупнозернистых. Породы с псаммитовой и пелитопсаммитовой структурой, грубой горизонтальной и однонаправленной косой (до 20...25°) (последняя характерна для приподошвенной части) слоистостью и комплексом нормально-морских ихнофоссилий. Сложены песчаники средне- и хорошо сортированным, различной степени окатанности обломочным материалом полимиктового состава, в котором преобладают зерна кварца, в меньшем количестве присутствуют зерна полевых шпатов (как калиевых, так и плагиоклазов), большинство из которых неравномерно пелитизировано, обломки пород (преимущественно кремнистых и кварцитов, реже – глинистых), а в виде примеси присутствуют чешуйки светлых слюд и единичные зерна глауконита. Цемент в песчаниках неравномерно распределенный, порового и контактово-порового типов, глинистый (каолинит-хлорит-гидрослюдистый) по составу. Иногда отмечаются интервалы с базально-поровой глинисто-кальцитовой цементацией.

Второй элемент переслаивания – алевро-пелитовые слои (пачки). Глины аргиллитоподобные серые с зеленоватым оттенком, неравномерно алевролитистые, до алевролитовых, с многочисленными (особенно в верхней части) тонкими (до 1...2 мм), обычно линзовидными слоями светло-серых алевролитов. Последние в единичных случаях образуют и более мощные прослои (десятки сантиметров). В этих прослоях ясно прослеживаются следы размыва и переотложения. Единич-

ные прослои обладают конгломератовидным (галечниковым) обликом за счёт многочисленных конкреций сидерита. Такие слои содержат комплекс нормально-морских ихнофоссилий. В некоторых слоях и прослоях алевролитов отмечается косая слоистость. Алевролиты сложены средне- и плохо сортированным, различной степени окатанности обломочным материалом полимиктового состава. Цемент неравномерно распределенный, порового и базально-порового типов, глинистый и чаще глинисто-кальцитовый по составу.

Индивидуальные разрезы изученных скважин, несмотря на схожесть фациальных обстановок, достаточно сильно отличаются друг на друга, что затрудняет корреляцию скважин. Общим является генеральная цикличность осадконакопления в рассматриваемом интервале разреза. Она в целом имеет трансгрессивный характер, начинается с прибрежных отложений приливной равнины и завершается отложениями предфронтальной или переходной зон, образуя три осадочных цикла.

Методика работ

Методика работ включала несколько этапов. На первом этапе был описан керн, построена седиментологическая колонка, выделены литотипы, определены ихнофоссилии и намечены границы секвенций. В отличие от карбонатных пород эта информация достаточно важна для установления фациальных ассоциаций и разработки седиментационной модели. Устойчивые наборы литотипов слагают различные фациальные типы пород.

Литотипизация

В керне изученных скважин выделено 13 литотипов. Их сочетания характеризуют различные фации (табл. 1).

Таблица 1

Распределение литотипов по фациям

Литотипы/фации	Приливное русло	Иловая приливная равнина	Смешанная приливная равнина	Песчаная приливная равнина	Средняя-верхняя предфронтальная зона	Нижняя предфронтальная зона	Переходная зона
C – конгломераты мелкогалечные							
Gm – гравелиты массивные							
Si – песчаники интракластовые							
Sl – песчаники горизонтально-слоистые							
Sx – песчаники косослоистые							
Sr – песчаники с рябью волнения или течения							
Sm – песчаники массивные							
Sb – песчаники биотурбированные							
Ssl – алевролиты горизонтально-слоистые глинистые							
Ssb – алевролиты биотурбированные							
Hsb – биотурбированные переслаивающиеся глины и песчаники							
Hs – переслаивание глин и песчаников с доминированием песчаников							
MI – глины горизонтально-слоистые							

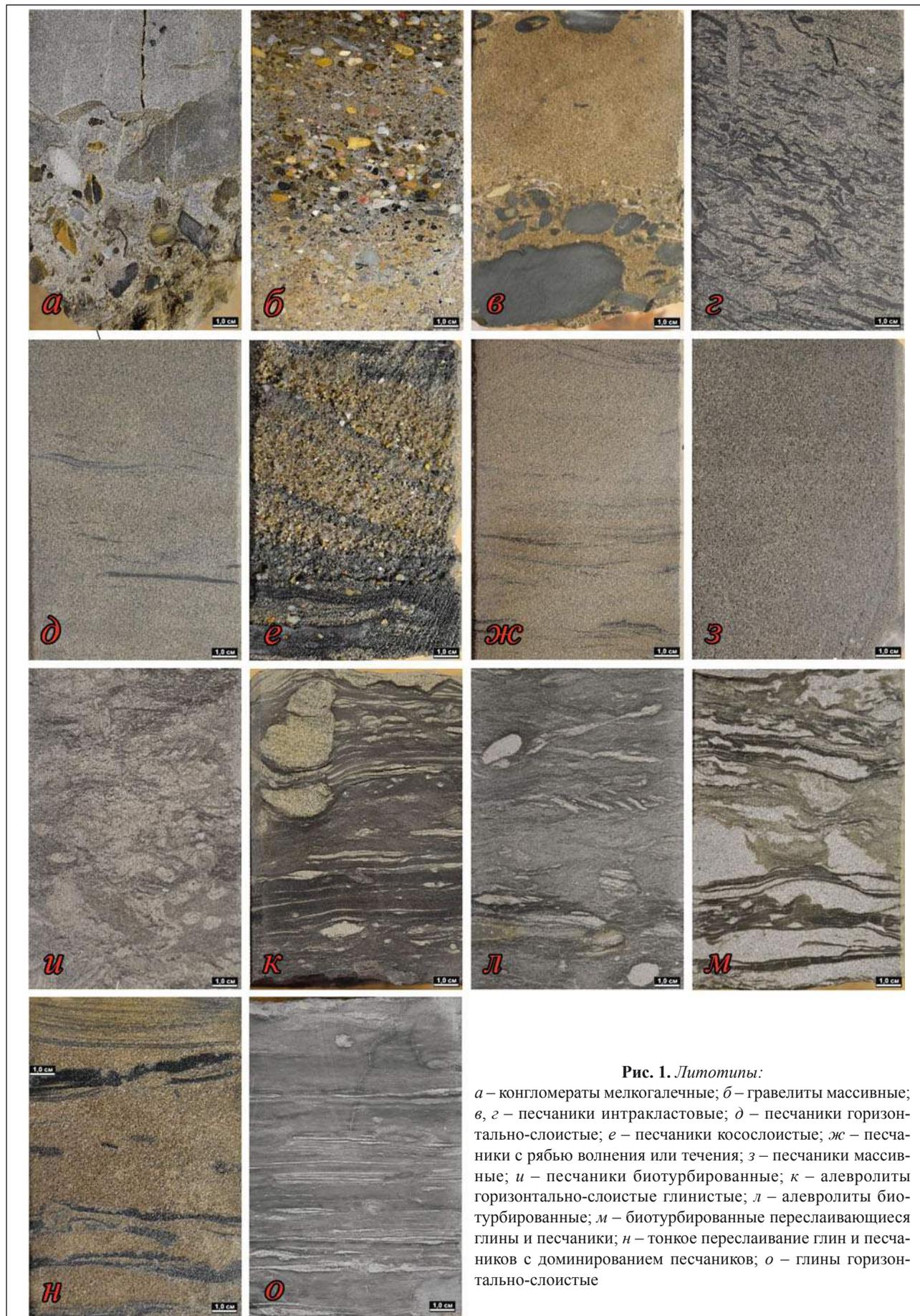


Рис. 1. Литотипы:

а – конгломераты мелкогалечные; *б* – гравелиты массивные; *в*, *г* – песчаники интракластовые; *д* – песчаники горизонтально-слоистые; *е* – песчаники косослоистые; *ж* – песчаники с рябью волнения или течения; *з* – песчаники массивные; *и* – песчаники биотурбированные; *к* – алевролиты горизонтально-слоистые глинистые; *л* – алевролиты биотурбированные; *м* – биотурбированные переслаивающиеся глины и песчаники; *н* – тонкое переслаивание глин и песчаников с доминированием песчаников; *о* – глины горизонтально-слоистые

Конгломераты мелкогалечные (C) (рис. 1, а) плохо сортированные, полимиктовые. Матрикс песчаный и глинисто-песчаный, также плохо сортированный. Содержат гравий и мелкую гальку фосфоритов, интракласты, раковинный и растительный детрит. Цементация глинистая и карбонатная. Фация песчаной приливной равнины.

Гравелиты массивные (Gm) (рис. 1, б) и градиционно-слоистые, до мелкогалечных конгломератов, плохо сортированные, полимиктовые. Матрикс песчаный и глинисто-песчаный, также плохо сортированный. Могут содержать гравий и мелкую гальку фосфоритов, интракласты, раковинный и растительный детрит. Фации песчаной приливной равнины и приливного русла.

Песчаники интракластовые (Si) (рис. 1, в, г) мелко-среднезернистые (с единичными гравийными зёрнами), среднесортированные, с косою слоистостью, неравномерно биотурбированные (*Skolithos* и другие). Содержат раковинный и растительный детрит, интракласты и редкие иловые шлейфы. Фации песчаной приливной равнины и приливного русла.

Песчаники горизонтально-слоистые (Sl) (рис. 1, д) мелко-разнозернистые от плохо до среднесортированных. Содержат раковинный и растительный детрит, интракласты, единичные зерна гравия, редкие иловые шлейфы. Фации верхней предфронтальной зоны и приливного русла.

Песчаники косослоистые (Sx) (рис. 1, е). Песчаники от мелко- до разнозернистых, с зёрнами гравия, средне- и плохо сортированные, с крупномасштабной косою слоистостью. Могут быть в разной степени биотурбированы (*Palaeophycus*, *Siphonichnus* и другими норами). Содержат раковинный и растительный детрит, интракласты, иловые шлейфы. Фации песчаной приливной равнины и приливного русла.

Песчаники с рябью волнения или течения (Sr) (рис. 1, ж). Песчаники от мелко- до разнозернистых (с примесью гравийных зёрен), средне- и плохо сортированные, с мелкомасштабной косою слоистостью. Содержат раковинный и растительный детрит, глиняные и сидеритовые интракласты, отдельные зерна гравия, иловые шлейфы. Прослоями отмечается сидеритово-кальцитовая цементация. Фация песчаной приливной равнины.

Песчаники массивные (Sm) (рис. 1, з) от хорошо до плохо сортированных, полимиктовые, местами слабоглинистые, иногда с реликтами косою слоистости и биотурбаций. Могут присутствовать зерна гравия и растительный детрит, интракласты. Фации предфронтальной (нижней и верхней) зоны и приливного русла.

Песчаники биотурбированные (Sb) (рис. 1, и) мелко-разнозернистые (с примесью гравийных зёрен) средне- и плохо сортированные, неравномерно глинистые. Содержат раковинный и растительный детрит, пиритовые и сидеритовые конкреции. Прослоями отмечается сидеритово-кальцитовая цементация. Из биотурбаций

определимы *Phycosiphon*, *Asterosoma*, *Palaeophycus*, *Teichichnus*, *Macaronichnus*, *Ophiomorpha*, *Thalassinoides*, *Skolithos* и другие. Фации песчаной приливной равнины, приливного русла, нижней предфронтальной зоны и дистальной иловой приливной равнины.

Алевролиты горизонтально-слоистые глинистые (Ssl) (рис. 1, к). Горизонтально-слоистые глинистые алевролиты с отдельными зёрнами песка, с тонкопесчаными линзами мелкозернистых песчаников, с миллиметровой косою слоистостью, слабобиотурбированные (*Teichichnus* и другие). Встречаются пиритовые и сидеритовые конкреции, раковинный и растительный детрит. Фации иловой приливной равнины и переходной зоны.

Алевролиты биотурбированные (Ssb) (рис. 1, л). Биотурбированные глинистые и песчаные алевролиты с отдельными зёрнами гравия, тонкопесчаными линзами. Встречаются пиритовые и сидеритовые конкреции. Отмечается присутствие раковинного и растительного детрита. Биотурбации представлены *Palaeophycus*, *Ophiomorpha*, *Thalassinoides*, *Skolithos* и другими. Фация иловой приливной равнины.

Биотурбированные переслаивающиеся глины и песчаники (Hsb) (рис. 1, м). Тонкое переслаивание глин уплотнённых и песчаников с доминированием последних. Песчаники мелко-разнозернистые с примесью гравийных зёрен. Степень биотурбации различная, есть реликты горизонтальной слоистости. Встречается раковинный и растительный детрит, пиритовые и сидеритовые конкреции. Из биотурбаций определимы *Skolithos*, *Palaeophycus*, *Schaubcylindrichnus* и другие. Фации смешанной приливной равнины и нижней предфронтальной зоны.

Тонкое переслаивание глин и песчаников с доминированием песчаников (Hs) (рис. 1, н). Толщина слойков от единиц до десятков миллиметров. Песчаники средне-мелкозернистые, с примесью гравийных зёрен. Преобладает горизонтальная слоистость, встречены линзы песчаников с мелкомасштабной рябью течения. Отмечены единичные биотурбации (*Palaeophycus*, *Teichichnus*, *Siphonichnus* и другие). Встречается раковинный и растительный детрит, интракласты, пиритовые и сидеритовые конкреции. Фации песчаной приливной равнины и смешанной приливной равнины.

Глины горизонтально-слоистые (Ml) (рис. 1, о). Глины уплотнённые с тонкими, часто линзовидными слойками и прослоями алевролитов и (или) мелкозернистых песчаников. Отмечаются единичные биотурбации (*Phycosiphon*, *Asterosoma*, *Planolites* и др.), конкреции пирита и сидерита. Фации иловой приливной равнины и переходной зоны.

Петротипы пород

С целью выявления дополнительных характеристик условий седиментации были рассмотрены и проанализированы шлифы пород, слагающих разрез, и

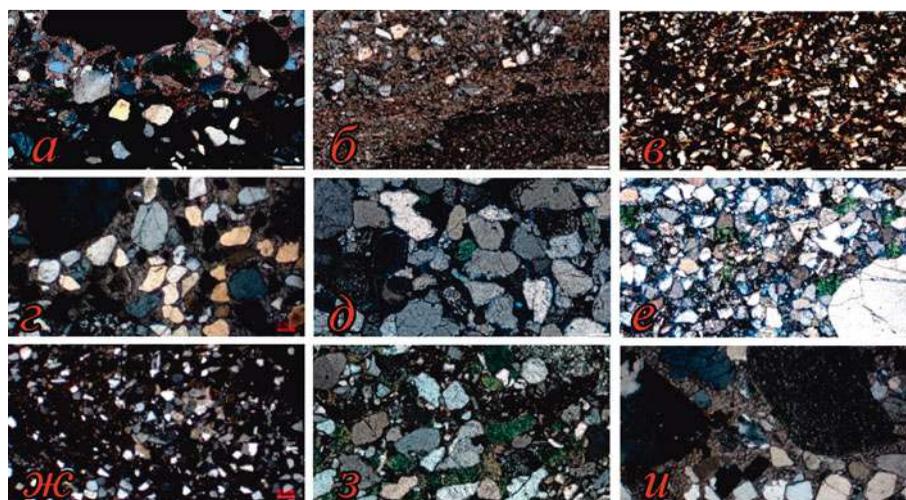


Рис. 2. Петротипы:

a – фосфорит с зернами разнозернистого песка и глауконитом (PH); *б* – глины с алевритовой и песчаной примесью (M); *в* – алевролиты (Ss); *г* – песчаники разнозернистые с псевдопоякилитовым кальцитовым цементом (SC); *д* – песчаники (S); *е* – песчаники глауконитовые (Sgl); *ж* – песчаники глинистые (SM); *з* – песчаник глинистый глауконитовый (SMgl); *и* – разнозернистые песчаники неравномерно гравелитовые (до перехода в гравелиты) (S-G). Увеличение 20^x

установлены повторяющиеся петротипы. Под петротипом понимается терригенная порода с типичными признаками, повторяющимися в разрезе, выделенными на основе шлифов. Петротипы или их ассоциации образуют литотипы, устанавливаемые макроскопически в керне. При изучении шлифов из керна рассматриваемых скважин установлено 9 петротипов (рис. 2). Распределение петротипов по фациям представлено в табл. 2.

В целом, микроскопические признаки, установленные на основе шлифов, за редким исключением, весьма близки к закономерностям, наблюдаемым макроскопически. Снизу вверх по разрезу в целом происхо-

дит уменьшение размера зерен и улучшение сортировки, что указывает на общий трансгрессивный тренд разреза. Среди исключений весьма важным является выявление глауконита, которое макроскопически может быть установлено лишь для отдельных интервалов. Установлено, что непереотложенный (не обломочный) глауконит встречается практически по всему разрезу, что позволяет исключить континентальные условия осадконакопления для всех изученных скважин. Уровни высокой концентрации глауконита наиболее характерны для нижней предфронтальной зоны. Они указывают на конденсацию разреза и замедление темпов осадконакопления.

Таблица 2

Распределение петротипов по фациям

Петротипы /фации	Приливное русло	Иловая приливная равнина	Смешанная приливная равнина	Песчаная приливная равнина	Верхняя-средняя предфронтальная зона	Нижняя предфронтальная зона	Переходная зона
PH – фосфориты							
M – глины с алевритовой и песчаной примесью							
Ss – алевролиты							
SC – песчаники цементированные							
S – песчаники							
Sgl – песчаники глауконитовые							
SM – песчаники глинистые							
SMgl – песчаники глинистые глауконитовые							
S-G – песчаники разнозернистые неравномерно гравелитовые (до перехода в гравелиты с песчаным матриксом)							

Показательным является улучшение сортировки обломочного материала, характерное для волновой переработки отложений в пределах средней-верхней предфронтальной зоны. Эти уровни одновременно содержат минимальное количество глинистого материала и обладают наилучшими коллекторскими свойствами. Улучшение сортировки, зафиксированное для отдельных интервалов нижней предфронтальной зоны и песчаной приливной равнины, предположительно связано со вторичной переработкой отложений нижней-средней предфронтальной зоны приливными течениями и (или) биотурбацией.

Седиментационная модель

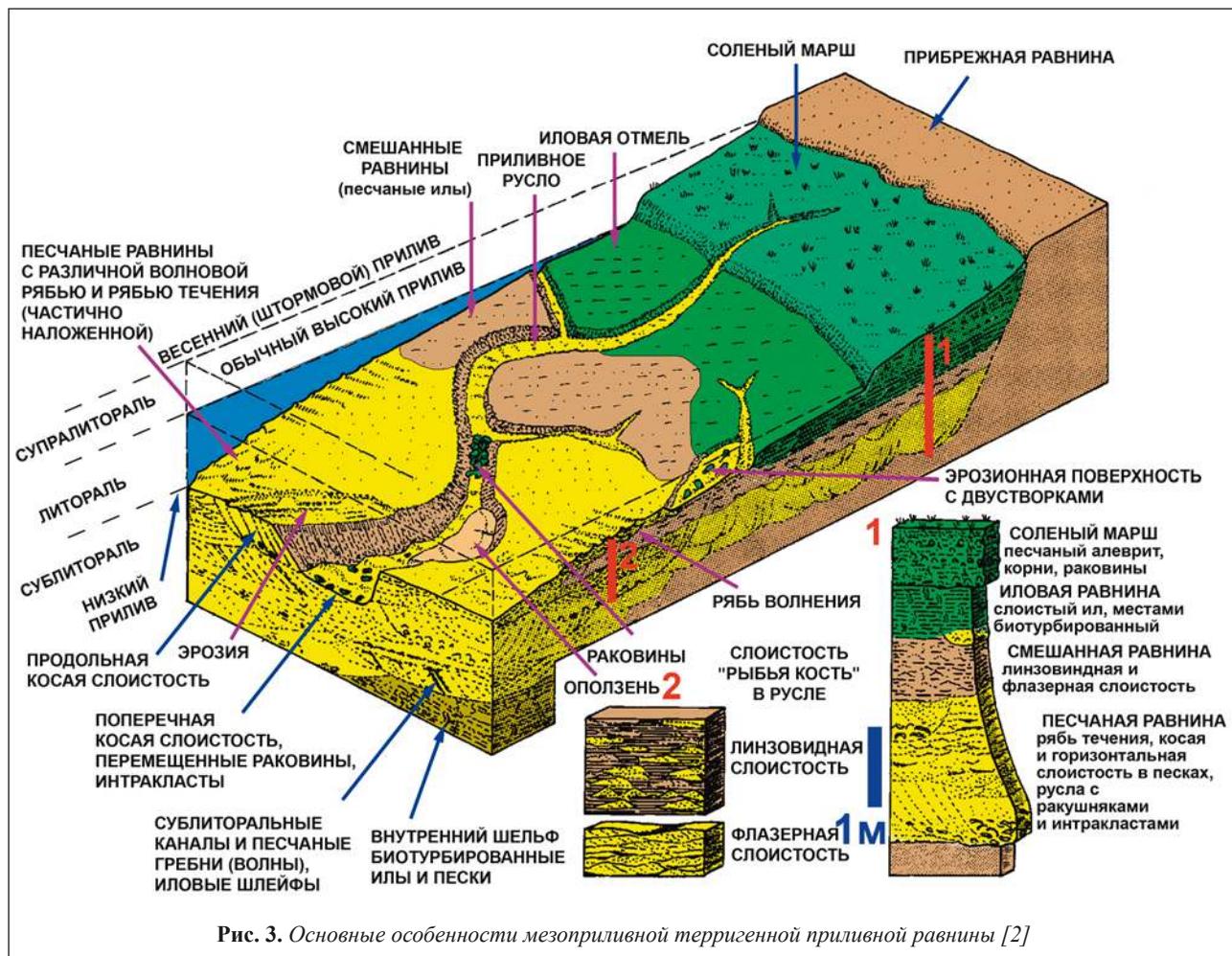
Выявленные в изученном керне признаки осадочных обстановок и ассоциации литотипов позволяют установить несколько фаций (см. табл. 1), характерных для высокоэнергетических (волновых/штормовых) побережий терригенных морей, находящихся под воздействием низких-средних приливов. Установлены следующие фации: переходной зоны, нижней предфронтальной зоны (в том числе конденсированного разреза), верхней-средней предфронтальной зоны, песчаной (нижней) приливной равнины, смешанной (средней),

иловой (верхней) приливной равнины и приливного русла. Стандартные модели этих фациальных обстановок и фаций приведены на рис. 3 и 4.

Характеристика фаций

Фация переходной зоны пляжа (ППЗ) (рис. 5, а) установлена во всех изученных скважинах. Горизонтально-слоистые глины и глины алевритистые с сантиметровыми линзами и прослоями песка, иногда содержащими мелкомасштабную косую слоистость (см. рис. 4). Может содержать пиритовые и/или сидеритовые конкреции, а также тонкие прослои темпеститов – мелкозернистых песчаников с эрозивной подошвой, горизонтальной или слабовыраженной бугорчатой слоистостью или текстурой ряби волнения. Содержит комплекс ихнофоссилий: *Phycosiphon*, *Planolites*, *Palaeophycus* и другие ихнофации Cruziana. Доминирующий литотип: M1 (см. рис. 1, о), дополнительный – Ssl (см. рис. 1, к). Петротип-М (см. рис. 2, б).

Тонкая горизонтальная слоистость в глинах указывает на доминирующее накопление ниже уровня базиса волн в послештормовое время (см. рис. 4), а увеличение интенсивности биотурбации свидетельствует о замедлении скорости осадконакопления. В глинах раз-



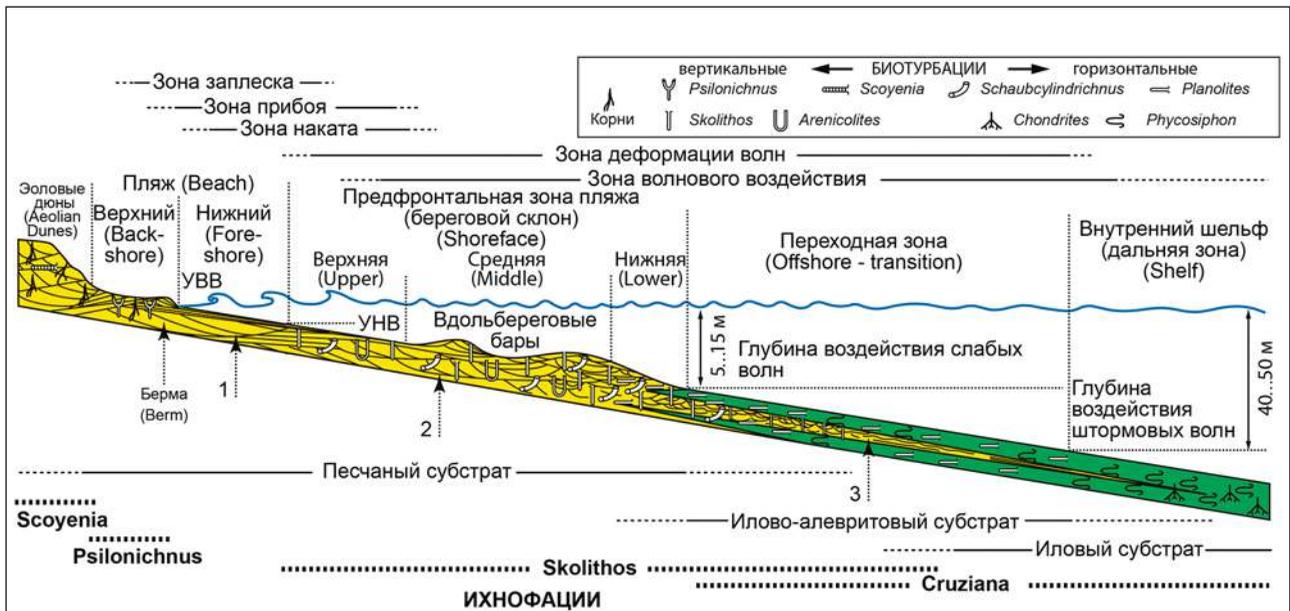


Рис. 4. Субобстановки, процессы и фации затопляемого пляжа [2]:

1 – горизонтальная и полого-наклонная слоистость; 2 – текстуры симметричной и асимметричной ряби волнения и косяя слоистость мегаряби. Интенсивность биотурбации уменьшается по направлению к суше; 3 – бугорчатая слоистость штормового шельфа или биотурбационные текстуры волнового шельфа: УВВ – средний уровень высокой воды; УНВ – средний уровень низкой воды

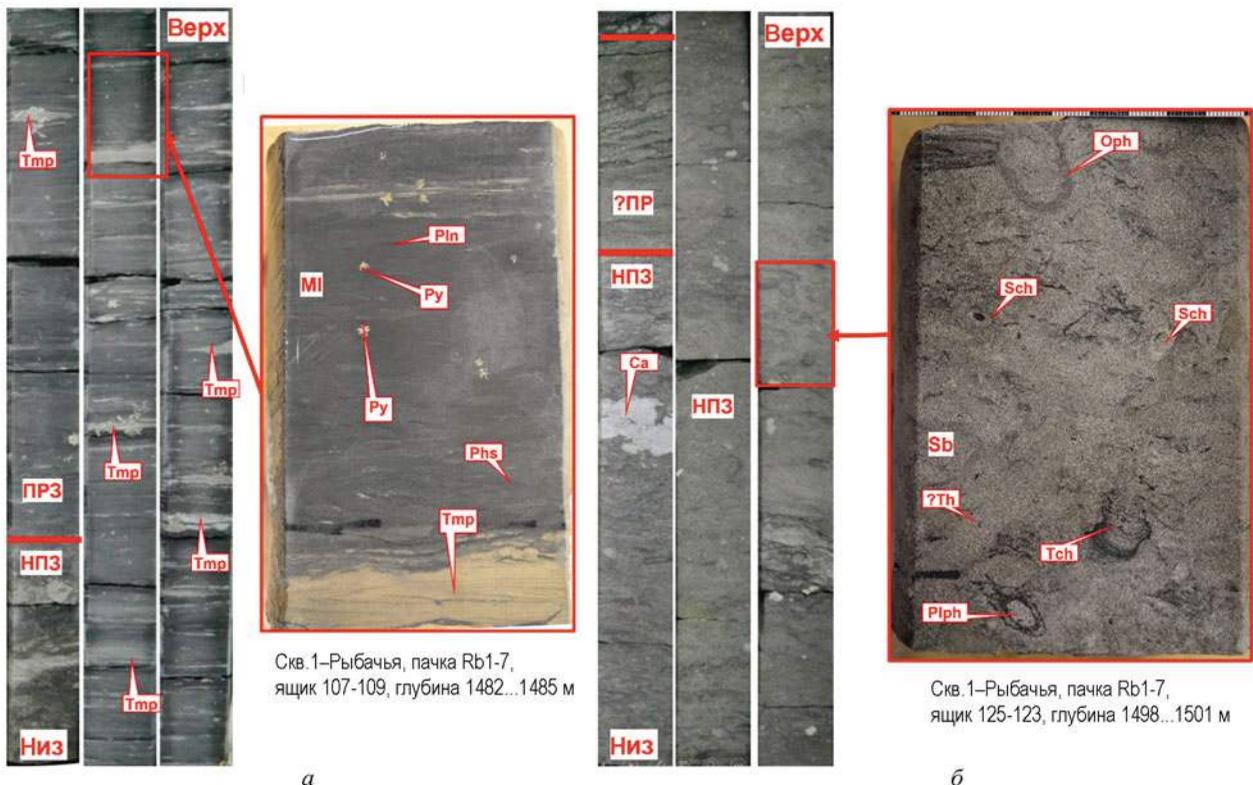


Рис. 5. Типичный вид фаций:

а – переходной зоны (ПРЗ) и граница с нижней предфронтальной зоной (НПЗ), нижней предфронтальной зоны (НПЗ): Мl – глины горизонтально-слоистые, Ру – пирит, Тмп – прослои песчаных темпеститов, Phs – *Phycosiphon*, Pl – *Planolites*, Sb – песчаники биотурбированные, Ca – кальцитовая цементация, Plph – *Palaeophycus*, Oph – *Ophiomorpha*, Tch – *Teichichnus*, Sch – *Schaubcylindrichnus*, Th – *Thalassinoides*

виты маломощные (толщиной от единиц до десятков миллиметров) песчаные прослои темпеститов с эрозивной подошвой с горизонтальной и мелкомасштабной косою слоистостью. Кинокомплекс очень бедный, что, возможно, связано с дизоксией в осадке, косвенным подтверждением которой служат пиритовые конкреции. Фация образует протяженные (десятки – сотни километров) покровы на дне бассейна.

Фация нижней предфронтальной зоны (НПЗ) (рис. 5, б) установлена во всех изученных скважинах. Интенсивно биотурбированные песчаники средне-разнозернистые глинистые с гравийными зернами и остатками раковин, комплексом нормально-морских ихнофоссилий: *Palaeophycus*, *Ophiomorpha*, *Phycosiphon*, *Lingulichnus*, *Arenicolites*, *Asterosoma*, *Teichichnus*, *Schaubcylindrichnus*, *Thalassinoides*, *Rosselia*, *Scolicia*, *Chondrites*, *Conichnus*?. Встречаются пиритовые и сидеритовые конкреции, присутствует карбонатная цементация. Доминирует литотип *Sb* (см. рис. 1, *u*), также отмечаются литотипы *Hsb* (см. рис. 1, *м*), *Sm* (см. рис. 1, *з*), *Sl* (см. рис. 1, *д*). Петротипы: доминирует *SM* (см. рис. 2, *ж*), остальные *M* (см. рис. 2, *б*), *Ph* (см. рис. 2, *а*), *Ss* (см. рис. 2, *в*), *SC* (см. рис. 2, *з*), *S* (см. рис. 2, *д*), *SMgl* (см. рис. 2, *з*), *S-G* (см. рис. 2, *u*).

Полная биотурбация глинисто-алевритово-песчаных осадков свидетельствует о спокойно-водных условиях и обилии пищевых ресурсов, когда отложившийся

материал подвергнулся интенсивной биотурбации на уровне базиса волн или ниже. Присутствие пирита свидетельствует о слабовосстановительных условиях в осадке. Обращает на себя внимание присутствие реликтов приливных русел в основании седиментационных циклов в основании НПЗ. Они несут на себе следы биотурбационной переработки. Это объясняет причину периодического присутствия в НПЗ гравийного материала, Комплекс образован переработанными отложениями песчаных приливных равнин и приливных русел. Часть НПЗ обогащена глауконитом, реже фосфоритами, и отвечает горизонтам конденсации или замедления скорости осадконакопления. Фация образует протяженные (километры – десятки километров) полосы шириной в сотни метров.

Фация песчаной приливной равнины (ППР) (рис. 6, а) установлена во всех изученных скважинах. Песчаники средне-крупнозернистые и разнозернистые, реже грубозернистые и гравийные, слабоглинистые с примесью интракластов и галек, прослоями глин и алевритов. Песчаники плохо сортированные, с троговой косою слоистостью и/или рябью течения, иловыми шлейфами, волнистой слоистостью, в разной степени переработанные биотурбацией: *Ophiomorpha*, *Skolithos*, *Lingulichnus*, *Thalassinoides*, *Trichichnus*, *Phycosiphon*, *Schaubcylindrichnus*, *Teichichnus*, *Palaeophycus*. Редко присутствуют маломощные пачки песчаных глин с ря-

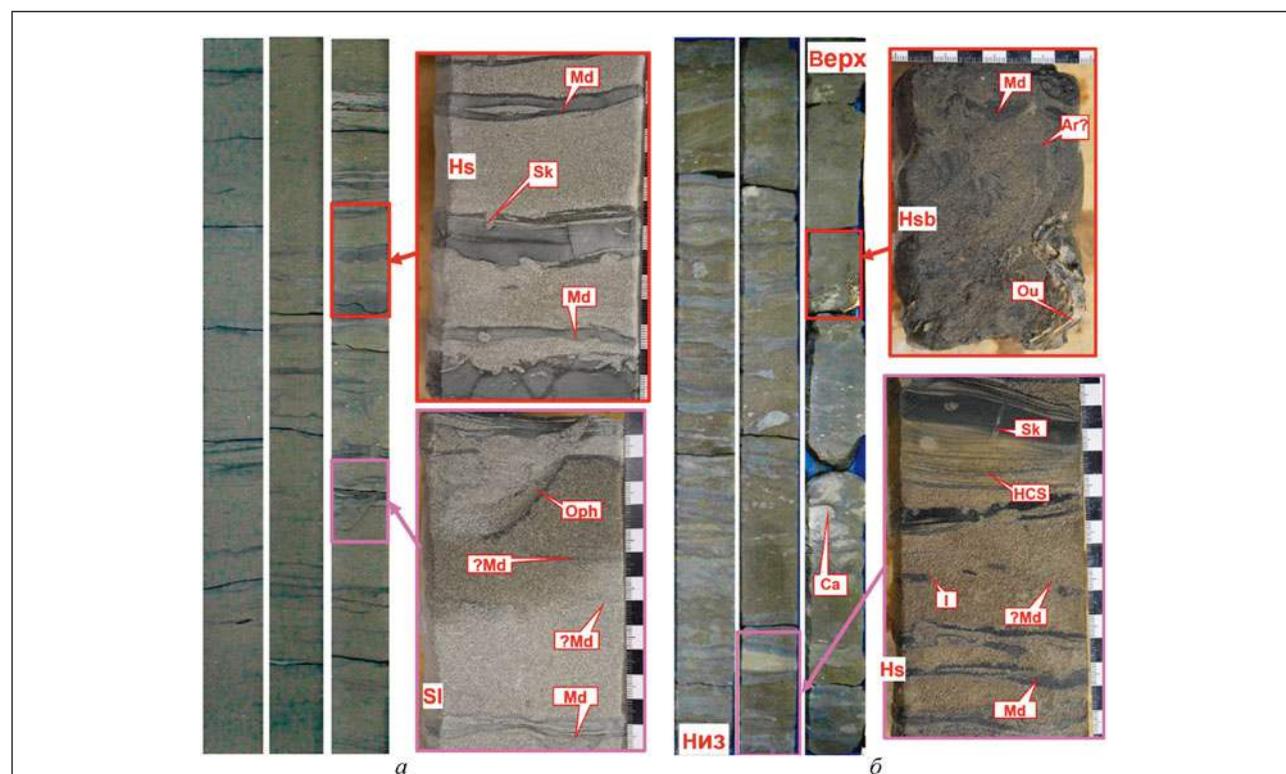


Рис. 6. Типичный вид фаций:

а – песчаной приливной равнины; б – смешанной приливной равнины: SI – песчаники горизонтально-слоистые, Hs – чередование глин и песчаников с доминированием песчаников, Md – иловые шлейфы, Oph - *Ophiomorpha*, Sk – *Skolithos*, Hsb – биотурбированные чередующиеся глины и песчаники, I – интракласты, Ca – кальцитовая цементация, Ou – устрица

бью течения и иловыми шлейфами. Кровля размыта и в ряде случаев пронизана норами. Встречаются пиритовые и сидеритовые конкреции, растительный детрит, остатки раковин (иногда в прижизненном положении), отмечается карбонатная цементация. Доминируют литотипы *Hs* (см. рис. 1, *н*), *Hsb* (см. рис. 1, *м*), *Sr* (см. рис. 1, *жс*), *Sb* (см. рис. 1, *и*), остальные – *C* (см. рис. 1, *а*, редко), *Gm* (см. рис. 1, *б*, редко), *Si* (см. рис. 1, *в*, *з*), *Sl* (см. рис. 1, *д*), *Sx* (см. рис. 1, *е*) и *Sm* (см. рис. 1, *з*). Петротипы: *Ss* (см. рис. 2, *в*), *SC* (см. рис. 2, *з*), *SM* (см. рис. 2, *жс*), *S-G* (см. рис. 2, *и*).

Крупно- и мелкомасштабная косая слоистость является индикатором течений и суспензионного переноса материала, а ее двунаправленность и присутствие иловых шлейфов указывают на связь этих потоков с приливами. Присутствие ряби волнения свидетельствует о сравнительно небольших глубинах и высокоэнергетических условиях. Об этом же говорит доминирование вертикальных биотурбаций. Вместе с тем отсутствие четкого тренда утонения зерен вверх и наличие биотурбации, иногда разнообразной и интенсивной, говорит о том, что приливные течения действовали не в русле. В случае перехода к волновому режиму и/или углублению бассейна фация начинает перерабатываться биотурбаторами и приобретает облик фации нижней предфронтальной зоны. Фация образует протяженные (километры – десятки километров) полосы шириной в сотни метров.

Фация смешанной приливной равнины (СПР) (рис. 6, *б*) установлена в подавляющем большинстве изученных скважин. Аргиллиты и глинистые песчаники с сантиметровыми линзами и прослоями песчаников и гравия иногда содержат мелкомасштабную косую слоистость. Присутствуют рябь волнения и холмистая косая слоистость. Содержит пиритовые, известковые и сидеритовые конкреции, а также раковинный и растительный детрит. Содержит комплекс ихнофоссилий: *Phycosiphon*, *Palaeophycus*, *Skolithos*, *Asterosoma*, *Schaubeylindrichnus*, *Pilichnus*, *Thalassinoides*, *Teichichnus*. Среди литотипов доминируют *Hs* (см. рис. 1, *н*) и *Hsb* (см. рис. 1, *м*), реже отмечаются *Sb* (см. рис. 1, *и*) и *Sx* (см. рис. 1, *е*). Петротипы: *Ml* (см. рис. 2, *б*), *SC* (см. рис. 2, *з*).

Волнистая и линзовидная слоистость, мелкомасштабная рябь течения с иловыми шлейфами являются признаками приливной активности, а повышенное содержание глины свидетельствует о более близком положении данной фации к берегу, чем песчаная равнина. Наличие бугорчатой слоистости и ряби волнения характерно для СПР высокой энергии. Интенсивность и разнообразие биотурбации в целом невелики, что связано с переменной соленостью и динамикой воды. Присутствие остатков устриц (см. рис. 6, *б*), которые могут обитать в условиях опреснения, не противоречит интерпретации. Фация образует протяженные (километры – десятки километров) полосы шириной в сотни метров.

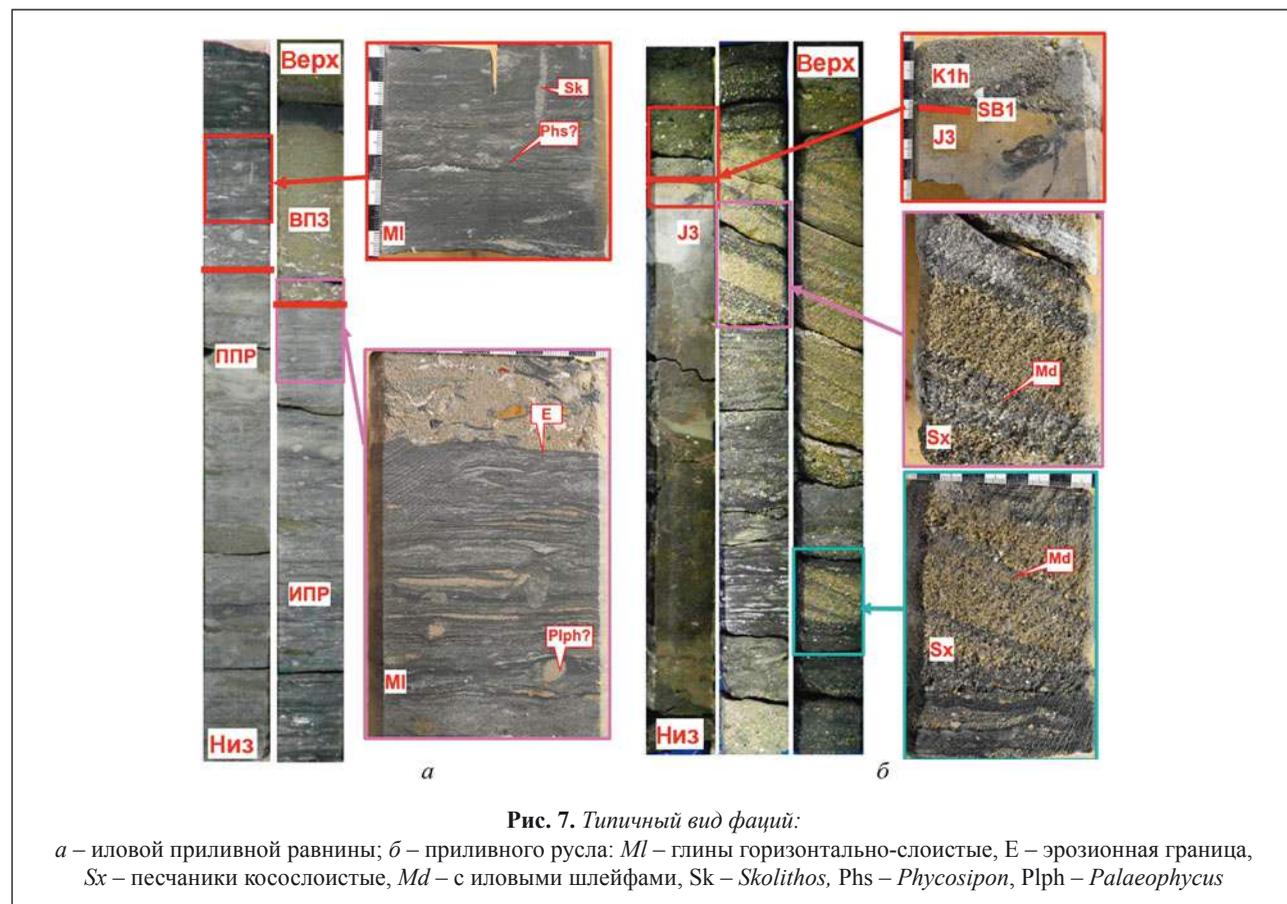


Рис. 7. Типичный вид фаций:

а – иловой приливной равнины; *б* – приливого русла; *Ml* – глины горизонтально-слоистые, *E* – эрозионная граница, *Sx* – песчаники косослоистые, *Md* – с иловыми шлейфами, *Sk* – *Skolithos*, *Phs* – *Phycosipon*, *Plph* – *Palaeophycus*

Фацция иловой приливной равнины (ИПР) (рис. 7, а) установлена в подавляющем большинстве изученных скважин и представлена очень маломощными интервалами разреза, что связано с высокой водной энергией приливных отмелей. Горизонтально- и линзовидно-слоистые и слабобиотурбированные глины с миллиметровыми линзами и линзовидными прослоями песчаников, иногда содержащими тонкую косую слоистость. Очень редко присутствует гравийный материал. Встречены пиритовые, кальцитовые и сидеритовые конкреции, а также раковинный и растительный детрит. Содержит комплекс ихнофоссилий: *Phycosiphon*, *Palaeophycus*, *Skolithos*, *Asterosoma*, *Lingulichnus*, *Planolites*, *Thalassinoides*, *Chondrites*. Среди *lutomonov* доминирует *Ml* (см. рис. 1, о), остальные – *Ssl* (см. рис. 1, к), *Ssb* (см. рис. 1, л), *Sb* (см. рис. 1, u). Петротипы в шлифах не представлены.

Горизонтальная и линзовидная слоистость в глинах свидетельствует о низкой энергии воды, обусловленной приливыми течениями. Интенсивность и разнообразие биотурбации низкие, что связано с переменной соленостью, а также с тем, что мелкие биотурбации в илах практически не видны из-за интенсивного уплотнения. Фацция образует протяженные (километры – десятки километров) полосы шириной в сотни метров.

Фацция приливного русла (ППР) (рис. 7, б) установлена во всех изученных скважинах. Средне-крупнозернистые средне- и плохо сортированные песчаники с троговой косой слоистостью и/или рябью течения, иловыми шлейфами и интракластами. Эрозионная подошва с остаточным материалом и биокластами. Прослеживается тренд понижения толщины слойков и уменьшения косой слоистости вверх. В переработанной волнением кровле появляются биотурбации. Иногда биотурбация полностью перерабатывает русловые пески; они угадываются лишь по присутствию рассеянных в породе гравийных зерен. В других случаях переработка волнением приводит к улучшению сортировки и переходу к отложениям средней-верхней предфронтальной зоны. Преобладают литотипы *Sx* (см. рис. 1, е), *Sr* (см. рис. 1, ж). Реже присутствуют *C* (см. рис. 1, а), *Gm* (см. рис. 1, б), *Si* (см. рис. 1, в, з), *Sl* (см. рис. 1, д), *Sm* (см. рис. 1, з), *Sb* (см. рис. 1, u), *Hs* (см. рис. 1, н), *Ml* (см. рис. 1, о). Петротипы: доминируют *S* (см. рис. 2, д), *SM* (см. рис. 2, ж) и *S-G* (см. рис. 2, u), остальные – *Ph* (см. рис. 2, а), *Ss* (см. рис. 2, в), *SC* (см. рис. 2, з), *Sgl* (см. рис. 2, е).

Крупно- и мелкомасштабная косая слоистость является индикатором течений и суспензионного переноса материала, а присутствие иловых шлейфов и интраклатов указывает на связь этих потоков с приливами. Редкость биотурбаций также свидетельствует о высокоэнергетических условиях. Большая часть русловых отложений вторично преобразована в приливную равнину, либо в отложения нижней предфронтальной зоны (интенсивная биотурбация), либо в среднесортированные песчаники средней-верхней предфронтальной зоны. Фацция образует линзовидные тела (от десятков до сотен метров).

Фацция средней-верхней предфронтальной зоны (СПР-ВПР) (рис. 8) встречается в части скважин. Песчаники средне-крупнозернистые средне- и хорошо сортированные, с троговой косой слоистостью, горизонтальной (точнее пологонаклонной) слоистостью, с рябью течения, редкими иловыми шлейфами и интракластами. Присутствуют единичные биотурбации *Ophiomorpha*, *Palaeophycus*, *Schaubcylindrichnus*. Литотипы: *Sl* (см. рис. 1, д), *Sx*, *Sr*, *Sm* (см. рис. 1, е, ж, з), реже *Sb* (см. рис. 1, u) и *Ssb* (см. рис. 1, л). Петротипы: *SMgl* (см. рис. 2, з).

Горизонтальная слоистость при хорошей сортировке песка и отсутствии иловых прослоев указывает на волновые высокоэнергетические условия, типичные для нижнего пляжа–верхней предфронтальной зоны. Наличие редких биотурбаций указывает на принадлежность к ВПР. Крупно- и мелкомасштабная косая слоистость является индикатором течений и суспензионного переноса материала, а отсутствие или редкость иловых шлейфов указывает на связь этих потоков с волнением и редкость приливов. Чаще всего СПР-ВПР надстраивает последовательность приливного русла, напоминая разрез барьерного острова, фацции которого

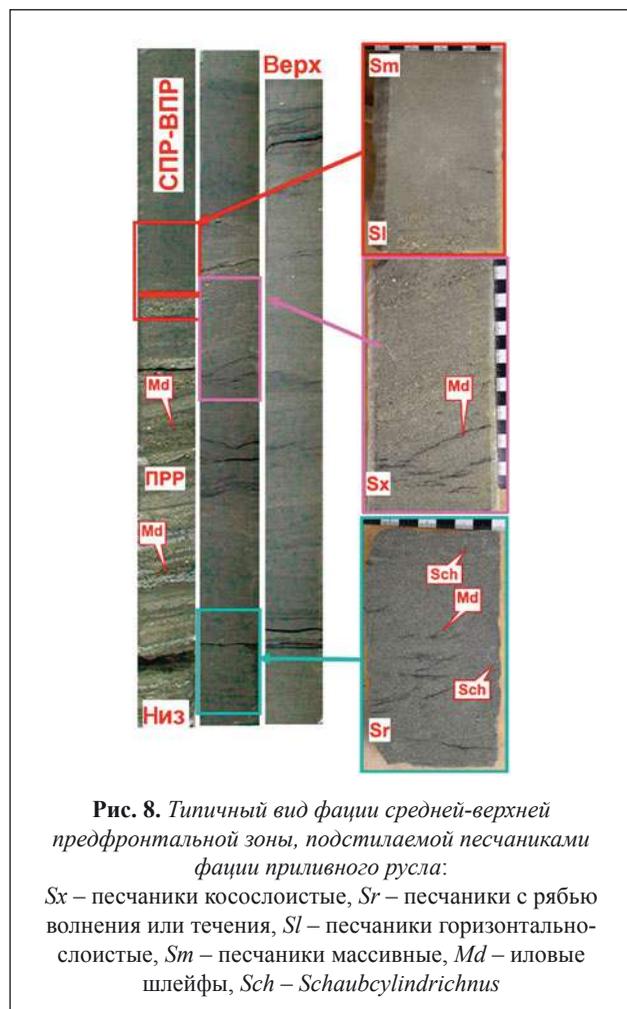


Рис. 8. Типичный вид фацции средней-верхней предфронтальной зоны, подстилаемой песчаниками фацции приливного русла:

Sx – песчаники косослоистые, *Sr* – песчаники с рябью волнения или течения, *Sl* – песчаники горизонтально-слоистые, *Sm* – песчаники массивные, *Md* – иловые шлейфы, *Sch* – *Schaubcylindrichnus*

могут рассматриваться как альтернативная интерпретация. Фация образует узкие (десятки – первые сотни метров) протяженные тела (сотни метров – километры), следующие вдоль открытого волнению побережья. Отсутствие или крайне небольшое содержание глини при хорошей сортировке делает эту фацию наилучшим резервуаром.

Применение полученных новых данных позволит не только уточнить литолого-фациальную характеристику нижнемеловых отложений – перспективного объекта нефтегазоносности на данной территории, но и способствует уточнению литолого-фациальных карт, построенных на базе данных сейсмических исследований.

Выводы

► На основании седиментологического изучения готерив-барремских отложений Северного Каспия выделено 13 литотипов пород и 9 петротипов.

► Ассоциации литотипов отвечают модели высокоэнергетического побережья с приливным воздействием.

► Установлены фации переходной, нижней и средней-верхней предфронтальной зон пляжа; песчаной, смешанной и иловой приливной отмели и приливно-русла, относящиеся к модели высокоэнергетического побережья с приливным воздействием.

► Полученные выводы будут использованы в процессе системного анализа слоевых ассоциаций в прак-

тических целях: при выяснении закономерностей размещения и условий формирования месторождений нефти и газа, прогнозировании их поисков и разведки и при оценке запасов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Смирнова О.И., Алексеев А.Г., Смирнов М.В. Опыт применения магнитостратиграфических исследований для детальной стратификации терригенных отложений нижнего мела акватории Северного Каспия (на примере месторождения им. В. Филановского) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2023. – № 4(376). – С. 36–41. – DOI: 10.33285/2413-5011-2023-4(376)-36-41
2. Барабошкин Е.Ю. Практическая седиментология. Терригенные резервуары. Пособие по работе с керном. – Тверь: Изд-во ГЕРС, 2011. – 152 с.

REFERENCES

1. Smirnova O.I., Alekseev A.G., Smirnov M.V. Opyt primeneniya magnitostatigraficheskikh issledovaniy dlya detal'noy stratifikatsii terrigennykh otlozheniy nizhnego mela akvatorii Severnogo Kaspiya (na primere mestorozhdeniya im. V. Filanovskogo) // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy. – 2023. – № 4(376). – S. 36–41. – DOI: 10.33285/2413-5011-2023-4(376)-36-41
2. Baraboshkin E.Yu. Prakticheskaya sedimentologiya. Terrigennye rezervuary. Posobie po rabote s kernom. – Tver': Izd-vo GERS, 2011. – 152 s.

Информация об авторах

Ольга Игоревна Смирнова, ведущий инженер отдела литолого-седиментологических и минералогических исследований Центра исследования керна и пластовых флюидов
Андрей Германович Алексеев, канд. геол.-минерал. наук, начальник геологического отдела ООО "ЛУКОЙЛ-Нижневолжскнефть"
Евгений Юрьевич Барабошкин, д-р геол.-минерал. наук
Михаил Викторович Смирнов, начальник отдела литолого-седиментологических и минералогических исследований Центра исследования керна и пластовых флюидов

Information about the authors

Olga I. Smirnova, leading engineer of the Department of Lithological-Sedimentological and Mineralogical Studies of the Center for Core and Reservoir Fluids Research
Andrey G. Alekseev, PhD (geol.-mineral.), head of the Geological Department of LUKOIL-Nizhnevolzhskneft LLC
Evgeniy Yu. Baraboshkin, DSc (geol.-mineral.)
Mikhail V. Smirnov, head of the Department of Lithological-Sedimentological and Mineralogical Studies of the Center for Core and Reservoir Fluids Research

Статья поступила в редакцию 25.11.2024; одобрена после рецензирования 20.12.2024; принята к публикации 11.01.2025.