

УДК 552.578.061.4:551.573.1(571.122)

Шишлов С.Б., Губаева Ф.Р.Санкт-Петербургский государственный горный университет, Санкт-Петербург, Россия, sshishlov@mail.ru, gubaeva-florida@yandex.ru

СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РАННЕМЕЛОВОГО ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА БВ-8 ПОВХОВСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНАЯ СИБИРЬ)

Структурно-генетический анализ результатов изучения керна и ПС каротажа показал, что пласт БВ-8 Повховского месторождения состоит из 10 трансгрессивно-регрессивных систем слоев, которые формировались за счет миграции площадей распространения глубоководных илов, лоскутных песков и подводных валов при подъемах и падениях уровня моря. Установлено, что песчаные коллекторы пласта представляют собой линзы, состоящие из двух слоев: нижний – накапливался на финальной фазе регрессии, а верхний – в начале трансгрессии следующего цикла седиментации. Полученные результаты не подтверждают клиноформную модель пласта БВ-8, которая была предложена при недостаточном разрешении сейсмики, позволившем выявить только обобщенные границы нескольких расположенных кулисообразно и перекрывающихся в плане разновозрастных песчаных линз.

Ключевые слова: обстановка осадконакопления, трансгрессивно-регрессивные циклы, структурно-генетическая модель, клиноформа, продуктивный пласт БВ-8, Повховское месторождение, ранний мел.

Введение

Повховское месторождение, эксплуатируемое с 1978 г., расположено в восточной части Среднеобской нефтегазоносной области на северном склоне Нижневартовского свода в пределах Северо-Вартовской мегатеррасы Нижневартовского структурно-фациального района. Основным по запасам нефти здесь является пласт БВ-8, который локализуется в верхней части мегионской свиты раннего мела [Решение 6-го..., 2004]. Его кровля хорошо распознается на сейсмопрофилях и каротажных кривых, поскольку совпадает с основанием самотлорской глинистой пачки и соответствует региональному сейсмогоризонту НБВ8 [Шелепов и др., 1998]. Подошву пласта проводят условно, т.к. на этом уровне отсутствует выраженная геофизическая аномалия, а, следовательно, и отчетливая литологическая граница. Пласт БВ-8, средней толщиной 40 м, представляет собой частое чередование песчаников, алевролитов и аргиллитов, взаимоотношения которых существенно меняются по латерали, что затрудняет его эксплуатацию. В данной ситуации для повышения нефтеотдачи на уже эксплуатируемых площадях и эффективного освоения новых участков месторождения необходимо выяснить особенности строения этого стратиграфического интервала.

К настоящему времени разработаны две альтернативные структурно-генетические модели пласта БВ-8 Повховского месторождения [Шелепов и др., 1995, 1998].

Первая предполагает горизонтально-слоистое строение этого стратиграфического интервала [Шелепов и др., 1995]. Реконструкция его генезиса основана на сопоставлении кривых ПС каротажа с эталонными электрометрическими моделями В.С. Муромцева [Муромцев, 1984]. На этом основании сделано заключение о накоплении пласта преимущественно в обстановках морского мелководья, в пределах которого волнения формировали песчаные подводные валы, бары и пляжи. Постепенная смена вверх по разрезу линзовидных песчаных тел все более выдержанными песчаными слоями, объясняется регрессией морского бассейна.

Вторая, на сегодня наиболее распространенная модель [Шелепов и др., 1998], в основном, базируется на результатах интерпретации данных сейсморазведки и широко используется для корреляции разрезов скважин по результатам геофизических исследований. Ее авторы пришли к выводу, что пласт БВ-8 является частью единого клиноформного комплекса. Его подошва прилегает к баженовской свите, а кровлю перекрывает самотлорская пачка. В составе этого комплекса выделено до 8 клиноформных тел, которые погружаются в западном направлении и постепенно выклиниваются к востоку. Уклон их седиментационных поверхностей составляет 1–2°, но на отдельных участках достигает 4–5°. При этом предполагается, что, песчаные линзы, локализующиеся в нижней части пласта БВ-8, являются глубоководным продолжением песчаных слоев, залегающих восточнее и гипсометрически выше. Такую структуру авторы считают результатом проградационного выдвигания дельты на запад [Шелепов и др., 1998].

Заметим, что и первая и вторая модели в первую очередь опираются на интерпретацию геофизических данных (картаж, результаты сейсмопрофилеирования) и практически не используют обширный материал, полученный в результате поинтервального отбора керн из многочисленных скважин, вскрывших этот стратиграфический интервал. Настоящая работа призвана восполнить этот пробел, т.к. представленная в ней структурно-генетическая модель пласта БВ-8 Повховского месторождения базируется на материалах, собранных при изучении керн.

Фактические материалы и методы исследования

Основой работы являются результаты выполненного авторами детального послойного описания 270 метров керн тринадцати скважин, вскрывших пласт БВ-8 на Повховском месторождении. Кроме того, использованы описания 50 метров керн трех скважин,

составленные специалистами ООО «КогалымНИПИнефть» и результаты ПС каротажа 92 скважин (рис. 1).

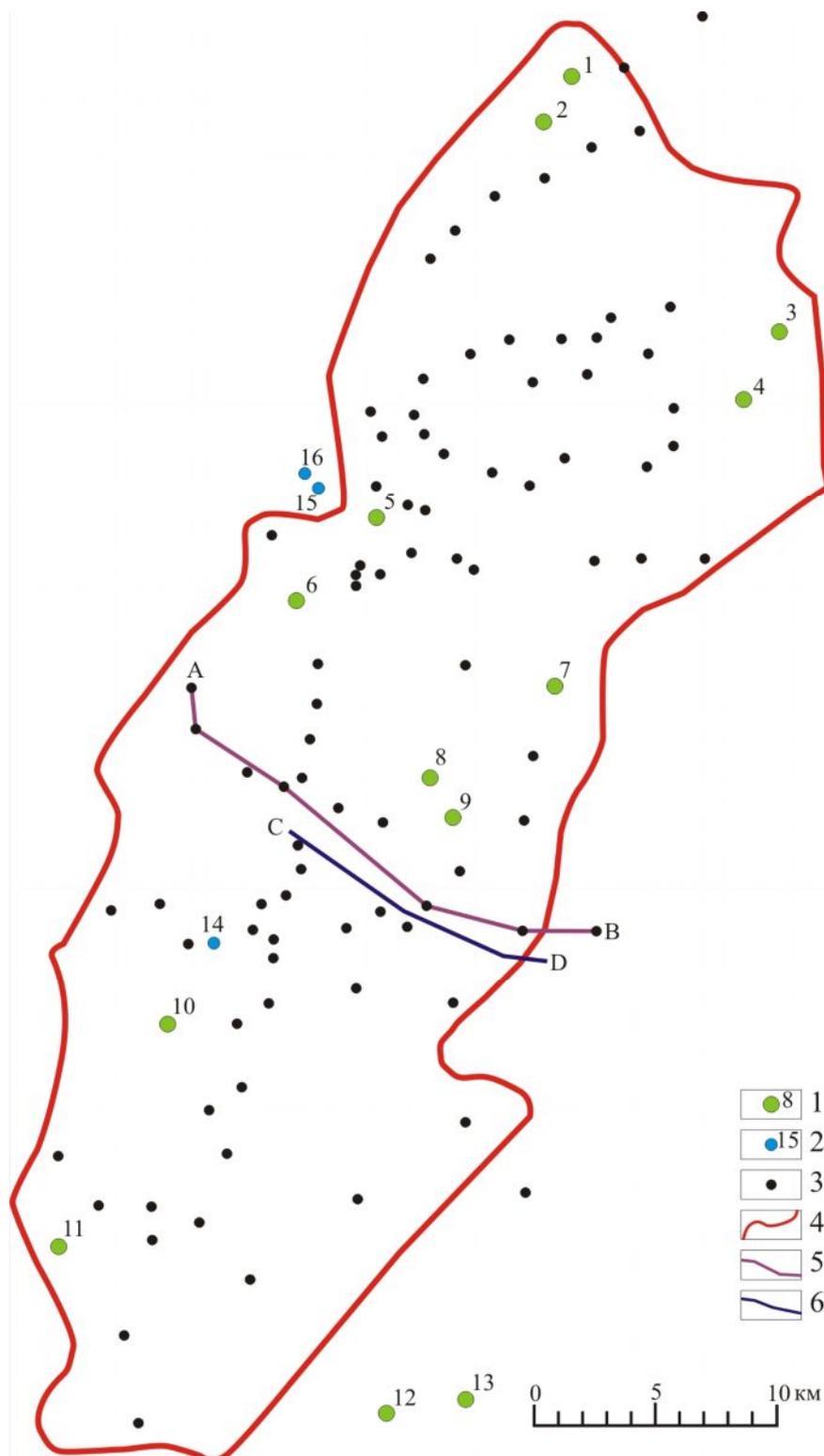


Рис. 1. Карта фактического материала

1–3 – скважины: 1 – керн изучен авторами (скважинам присвоены условные номера), 2 – использованы описания керна, выполненные сотрудниками ООО «КогалымНИПИнефть», 3 – использованы результаты ПС каротажа; 4 – граница Повховского нефтяного месторождения; 5 – линия литологического профиля; 6 – линия сейсмического профиля.

Для обработки собранного материала применена методика структурно-генетического анализа осадочных формаций [Шишлов, 2010]. При этом последовательно реализованы следующие операции:

1. Выявленные при описании керна и уточненные при изучении 95 шлифов многократно повторяющиеся сочетания первичных признаков пород (структуры, текстуры, включения, ихнофоссилии) позволили, используя литолого-генетическую типизацию пород эпиконтинентальных терригенных сероцветных формаций [Шишлов, 2010], описать литотипы, образующие пласт БВ-8, и реконструировать условия их накопления.

2. Анализ наблюдаемых в разрезах последовательностей литологических типов пород, заключенных между межслоевыми швами, позволил установить типы слоев пласта БВ-8, реконструировать обстановки их формирования и сделать выводы о трансгрессивном, трансгрессивно-регрессивном или регрессивном ходе процесса их накопления. При этом в качестве основы, использована структурно-генетическая типизация слоев эпиконтинентальных терригенных сероцветных формаций [Шишлов, 2010].

3. В изученных разрезах выделены трансгрессивно-регрессивные последовательности слоев – циклотемы, которые являются случайными вертикальными сечениями трехмерных геологических тел – парагенераций, формирующихся в течение одного цикла подъема и падения относительного уровня моря. Анализ слоевой структуры установленных циклотем позволил установить идеальную (содержащую все установленные слои) циклотему, на актуалистической основе разработать седиментологическую модель ее формирования и создать обобщенный структурно-генетический профиль парагенераций, образующих продуктивный пласт БВ-8.

4. Результаты предыдущих этапов исследования дали возможность построить кривые колебаний относительного уровня моря для каждого из изученных разрезов и выполнить на этой основе их детальную корреляцию. При этом были установлены изохронные уровни, соответствующие трансгрессивным и регрессивным максимумам, идентификации которых не препятствуют латеральные изменения литологических характеристик.

5. По материалам изучения керна, дополненным интерпретациями кривых ПС 92 скважин, составлена серия литологических схем для узких временных интервалов, соответствующих трансгрессивным и регрессивным максимумам. Кроме того, построены разноориентированные литологические профили пласта БВ-8. Это позволило дополнительно обосновать и, по принципу обратной связи, скорректировать сделанные ранее генетические

выводы и выявить основные закономерности строения продуктивного пласта БВ-8 на Повховском месторождении.

Литолого-генетические типы пород пласта БВ-8

В разрезах продуктивного пласта установлено 9 литолого-генетических типов пород, систематика которых представлена на рис. 2. По структуре, которая является наиболее надежным индикатором динамики среды осадконакопления, литотипы объединены в алевро-пелитовую, алтернитовую (объединяет литотипы, сложенные тонкими чередованиями алевро-пелитовых и псаммитовых слоев) и псаммито-псефитовую группы. По генезису литотипы сгруппированы в комплексы глубоководного и открытого мелководного шельфа.

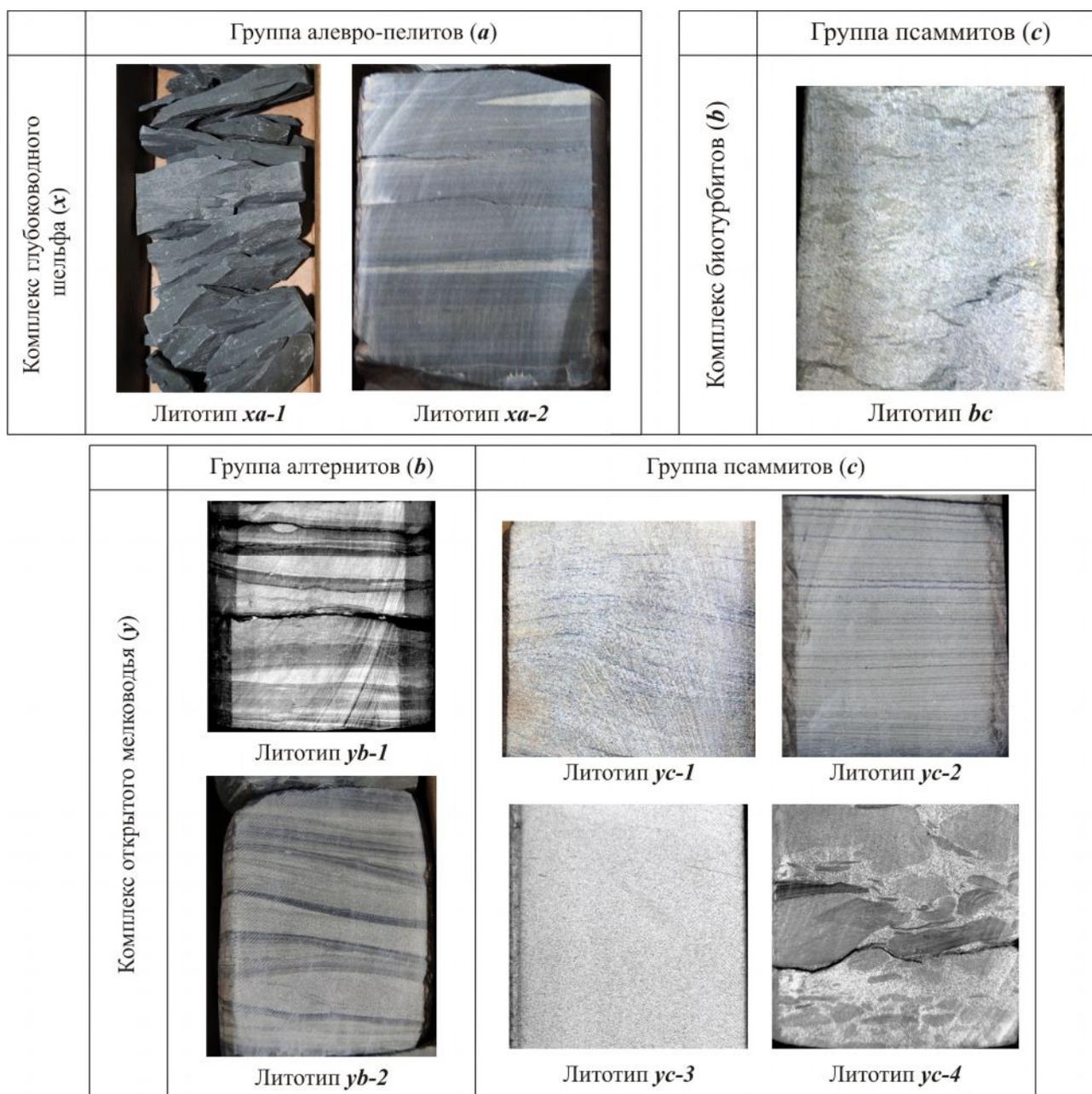


Рис. 2 Литолого-генетические типы пород

Литотип *ха-1* – аргиллит алевритистый, темно-серый с массивной текстурой или неправильной субгоризонтальной слоичатостью, намечаемой тонким плитчатым расколом породы по неровным межслойковым поверхностям. Иногда присутствуют единичные мелкие фрагменты морского бентоса. Вероятно, осадок формировался за счет осаждения алевро-пелитовых частиц в глубоководной низкодинамичной части морского шельфа, расположенной ниже базы волнений.

Литотип *ха-2* – алевролит глинистый темно-серый с горизонтальной и пологоволнистой слоичатостью, намечаемой тонкими (до 1 см) линзовидными прослоями алевролита серого, к которым иногда приурочены единичные мелкие фрагменты морского бентоса. На межслоевых поверхностях присутствует редкий мелкий углефицированный растительный детрит. Такие отложения, очевидно, накапливались в процессе осаждения алевро-пелитовых частиц ниже базы волнений в глубоководной низкодинамичной части морского шельфа. Алевритовые слойки, вероятно, формировались в результате осаждения материала мобилизованного штормами на мелководье.

Литотип *уб-1* – тонкое линзовидно-полосчатое чередование слоев алевролитов глинистых темно-серых (доминируют) и песчаников тонкозернистых светло-серых. Границы слоев отчетливые, иногда нарушены биотурбациями. Присутствуют следы илоедов, редкий мелкий детрит морского бентоса и единичные углефицированные фрагменты растений. По-видимому, такие отложения формировались между базами штормовых и нормальных волнений в дистальной части зоны «лоскутных песков» морского шельфа. Здесь на фоне медленного осаждения алевро-пелитов в застойной среде, во время сильных штормов формировались и перемещались по дну небольшие изолированные друг от друга песчаные рифели высотой до 1 см.

Литотип *уб-2* – тонкое линзовидно-полосчатое чередование слоев алевролитов глинистых темно-серых и песчаников тонкозернистых светло-серых (доминируют). Границы слоев отчетливые, иногда нарушены биотурбациями. Присутствуют следы илоедов, редкий мелкий детрит морского бентоса и углефицированные фрагменты растений. Вероятно, осадок формировался между базами штормовых и нормальных волнений в проксимальной части зоны «лоскутных песков» морского шельфа. Здесь во время штормов формировались и перемещались по дну системы песчаных рифелей высотой до 1 см. Между штормами в застойных условиях происходило накопление тонких алевро-пелитовых слоев.

Литотип *ус-1* – песчаник тонко- мелкозернистый светло-серый, слабоизвестковистый с неотчетливой прерывистой волнистой слойчатостью, намечаемой глинистыми намывами. Присутствуют разнонаправленные ходы илоедов, единичные мелкие фрагменты морского бентоса. Комплекс признаков литотипа указывает на накопление осадков под действием волнений в дистальной части открытого мелководного морского шельфа.

Литотип *ус-2* – песчаник тонко- мелкозернистый, светло-серый с отчетливой пологоволнистой слойчатостью, намечаемой углисто-глинистыми намывами. На межслойковых поверхностях присутствует углефицированный растительный детрит. Можно предполагать, что накопление таких отложений происходило под действием волнений в проксимальной части открытого мелководного морского шельфа. На близость берега указывает существенное количество остатков наземных растений.

Литотип *ус-3* – песчаник мелко- среднезернистый светло-серый, иногда известковистый с пологой косою слойчатостью. Часто порода имеет массивную текстуру. Характерно наличие кальцийкарбонатных конкреций. Вероятно, отложения этого типа накапливались под действием сильных волнений в пределах открытого мелководного морского шельфа.

Литотип *ус-4* – песчаник мелко-, среднезернистый светло-серый, иногда глинистый или известковистый. Присутствуют мелкая и средняя уплощенная галька глинисто-алевритовых пород, углефицированный растительный детрит. Порода массивная. Иногда изменения количества примеси пелитового материала намечают взмученную текстуру. По-видимому, такие отложения формировались в пределах открытого мелководного морского шельфа при быстром непрерывном накоплении вещества, мобилизуемого волнениями в результате эрозии накопившихся ранее осадков.

Литотип *bc* – песчаник тонкозернистый серый, неравномерно глинистый, известковистый, интенсивно биотурбированный. Вероятно, это псаммитовые отложения открытого мелководного шельфа, которые после прекращения или замедления седиментации были переработаны морским бентосом.

Установленный набор литотипов позволяет считать, что стратиграфический интервал соответствующий пласту БВ-8 на Повховском месторождении сформировался в обстановках глубоководного (литотипы *ха-1*, *ха-2*) и открытого мелководного (литотипы *yb-1*, *yb-2*, *ус-1*, *ус-2*, *ус-3*, *ус-4*, *bc*) шельфа эпиконтинентального морского палеобассейна с гумидным типом литогенеза.

Структурно-генетические типы слоев пласта БВ-8

В изученных разрезах выделено 6 типов слоев (рис. 3). Каждый из них характеризует особая полная (идеальная) вертикальная последовательность литотипов. По структуре слои объединены в алевро-пелитовую, алтернитовую и псаммито-псефитовую группы. По генезису они сгруппированы в комплексы глубоководного и открытого мелководного шельфов (рис. 3).

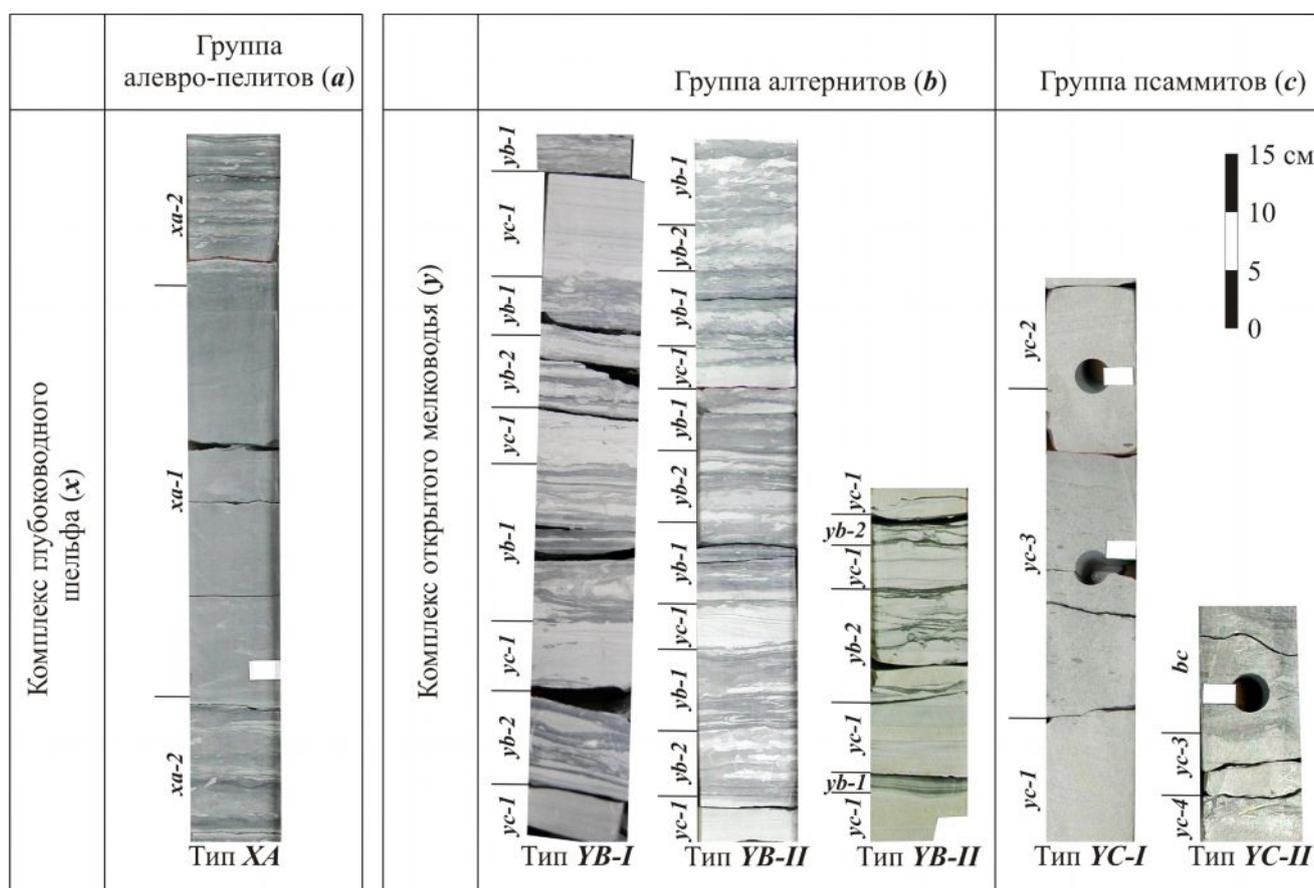


Рис. 3. Структурно-генетические типы слоев

Тип XA – алевро-пелитовые слои с гранулометрическим минимумом в средней части, которую образует аргиллит типа *xa-1*. Верхняя и нижняя части слоев сложены алевролитом глинистым с тонкими слойками алевролита (литотип *xa-2*). Таким образом, полная (идеальная) последовательность литотипов в слоях этого типа имеет вид *xa-2*→*xa-1*→*xa-2*. Подошва и кровля горизонтальные. Мощность до 8 м.

Можно предположить, что формирование таких слоев происходило в результате трансгрессивно-регрессивного этапа развития процессов осадконакопления на участках шельфа, расположенных ниже базы волнений. Постепенное сокращение содержания алевролитов от подошвы к средней части слоя, вероятно, обусловлено подъемом уровня моря и увеличением расстояния до мелководной области мобилизации терригенного материала.

Тогда аргиллиты в средней части слоя маркирует максимум трансгрессии. Увеличение количества алевритов в верхней части отражает падение уровня моря.

Тип *YB-I* – алтернитовые слои с общим увеличением размера частиц от подошвы к кровле, состоящие из многократно повторяющихся псаммито-алевро-пелитовых циклитов толщиной до 0,5 м. Приподошвенную часть циклитов образует песчаник тонкозернистый типа *yc-1*. Выше его сменяют алтерниты типов *yb-2* (доминируют слойки песчаника) и *yb-1* (доминируют слойки алевро-пелитов). Структуру таких слоев описывает формула $(yc-1 \rightarrow yb-2 \rightarrow yb-1) \times n$. В этих слоях от подошвы к кровле циклиты содержат все больше псаммитов, а количество и толщина алевро-пелитовых слойков сокращаются. Мощность до 6 м.

Накопление слоев этого типа происходило в пределах открытого мелководного шельфа, благодаря сортировке вещества слабыми возвратно-поступательными движениями придонных вод. При этом возникала система небольших подводных песчаных валов, между которыми располагались заиливающиеся впадины. Увеличение доли песчаной составляющей к верху слоев указывает на постепенный рост гидродинамики, который можно объяснить падением уровня моря, т.е. регрессией.

Тип *YB-II* – алтернитовые слои с общим уменьшением размера частиц от подошвы к кровле, особенности строения которых, как и слоев *YB-I*, отражает структурная формула $(yc-1 \rightarrow yb-2 \rightarrow yb-1) \times n$. Однако для слоев этого типа от подошвы к кровле характерно постепенное сокращение псаммитовой части циклитов и рост доли алевро-пелитов. Мощность до 3 м.

Накопление слоев этого типа происходило в пределах открытого мелководного шельфа, благодаря сортировке вещества слабыми возвратно-поступательными движениями придонных вод. Увеличение доли алевро-пелитовой составляющей к верху слоев указывает на постепенное снижение гидродинамики, которое можно объяснить подъемом уровня моря, т.е. трансгрессией.

YB-III – алтернитовые слои с общим гранулометрическим минимумом в средней части. Состоит из многократно повторяющихся тонких линзовидных псаммито-алевро-пелитовых циклитов и, как и предыдущие типы, характеризуются структурной формулой $(yc-1 \rightarrow yb-2 \rightarrow yb-1) \times n$. Характерными особенностями слоев этого типа являются: повышение доли песчаной составляющей в приподошвенных и прикровельных циклитах, обилие растительного детрита, их локализация между песчаными слоями и небольшая мощность (до 0,7 м).

Можно предположить, что накопление таких слоев, происходило в депрессиях между крупными песчаными подводными валами в условиях изменчивой, но в целом пониженной гидродинамики. Постепенное сокращение доли псаммитовой составляющей в средней части, вероятно, связано с перемещением подводных валов, благодаря чему нижняя и верхняя части слоя накапливались у песчаных валов, а средняя в центральной части межвальной депрессии.

УС-I – псаммитовые слои с гранулометрическим максимумом в средней части, представляющие собой последовательность литотипов *ус-1*→*ус-3*→*ус-2*. Мощность до 2 м.

Формирование слоев этого типа, вероятно, происходило за счет перемещения песчаного подводного вала к центру бассейна на фоне развивающейся регрессии. Сначала внизу фронтального склона накапливался тонкий песчаный материал (литотип *ус-1*), затем за счет уменьшения глубины и увеличения гидродинамики (гребень вала) размер частиц увеличивался (литотип *ус-3*), а на финальной фазе слоеобразования на тыловом склоне вала концентрировался тонкий песок, обогащенный углефицированными фрагментами растений (литотип *ус-2*).

УС-II – псаммитовые слои с гранулометрическим максимумом в основании и минимумом у кровли. Нижнюю часть таких слоев образует песчаник мелко-среднезернистый типа *ус-4*, со взмученной текстурой, уплотненными гальками и гравием глинисто-алевритовых пород, среднюю – мелкозернистый песчаник типа *ус-3*, верхнюю – интенсивно биотурбированный тонкозернистый песчаник типа *bc*. Таким образом, полная последовательность литотипов имеет вид *ус-4*→*ус-3*→*bc*. Мощность до 2 м.

Накопление этих слоев, очевидно, происходило в зоне волнений при повышении относительного уровня моря, т.е. во время трансгрессии. На начальных этапах, в высокодинамичной среде, быстро накапливался материал, мобилизуемый прибоем при затоплении суши (литотип *ус-4*). Затем скорость седиментации снижалась, и пески сортировались волнениями (литотип *ус-3*). Последняя фаза слоеобразования, вероятно, протекала в условиях дефицита кластического материала. При этом скорость седиментации падала. Одновременно за счет увеличения глубины снижалась динамика придонных вод. В этих условиях песчаное дно заселял и активно перерабатывал бентос (литотип *bc*).

Строение циклотем пласта БВ-8 и их генетическая интерпретация

В 13 разрезах продуктивного пласта БВ-8 Повховского месторождения, изученных по керну скважин установлено несколько десятков трансгрессивно-регрессивных последовательностей слоев – циклотем, мощностью от 2 до 10 м.

Процедуру их выделения иллюстрирует рис. 4. На расположенной слева фотографии керна (рис. 4а) видна слоевая последовательность, в основании которой установлен регрессивный псаммитовый слой *УС-I*. Выше залегают две завершённые трансгрессивно-регрессивные циклотемы, с набором слоев *УВ-II*→*УВ-I* и *УВ-II*→*УВ-I*→*УС-I*. Вверху представлена трансгрессивная последовательность слоев *УС-II*→*УВ-II*. На фотографии справа (рис. 4б) видна регрессивная последовательность, состоящая из слоев *ХА*→*УВ-I*→*УС-I* и сменяющая ее вверх по разрезу трансгрессивная, с набором слоев *УС-2*→*ХА*.

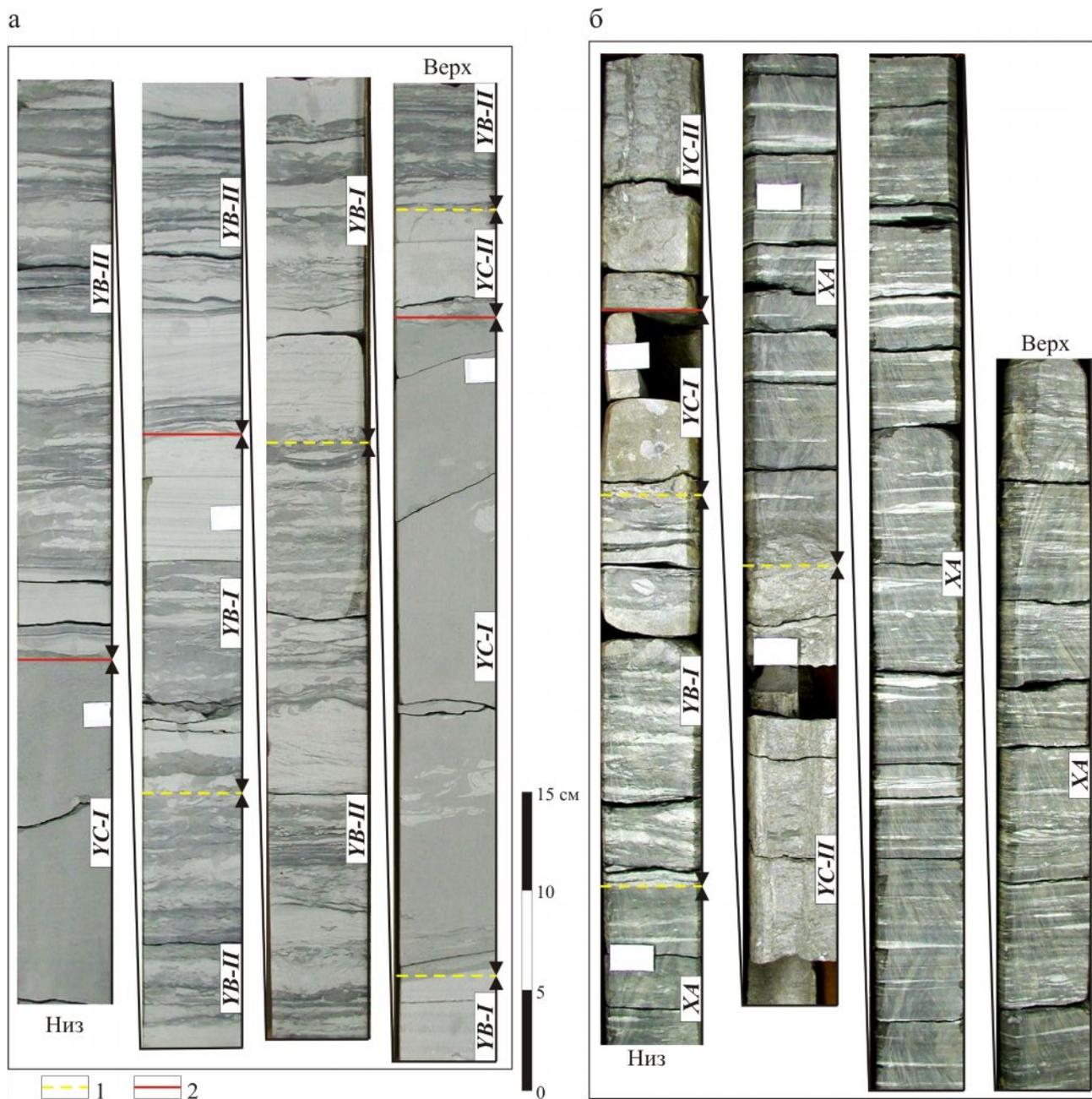


Рис. 4. Последовательности слоев

1 – граница слоев; 2 – граница циклотем.

Анализ слоевой структуры выявленных циклотем позволил составить идеальную (полную) циклотему, в которой все установленные типы слоев пласта БВ-8 образуют единую трансгрессивно-регрессивную последовательность (рис. 5). Такая циклотема могла формироваться за счет трансгрессивного и регрессивного смещений площадей распространения подводных ландшафтов, показанных на рис. 6. Особенности подобных обстановок терригенного осадконакопления в современных мелководных морях и возможности их использования для реконструкции генезиса древних осадочных формаций подробно рассмотрены в работах [Зенкович, 1962; Селли, 1989; Рединг, 1990].

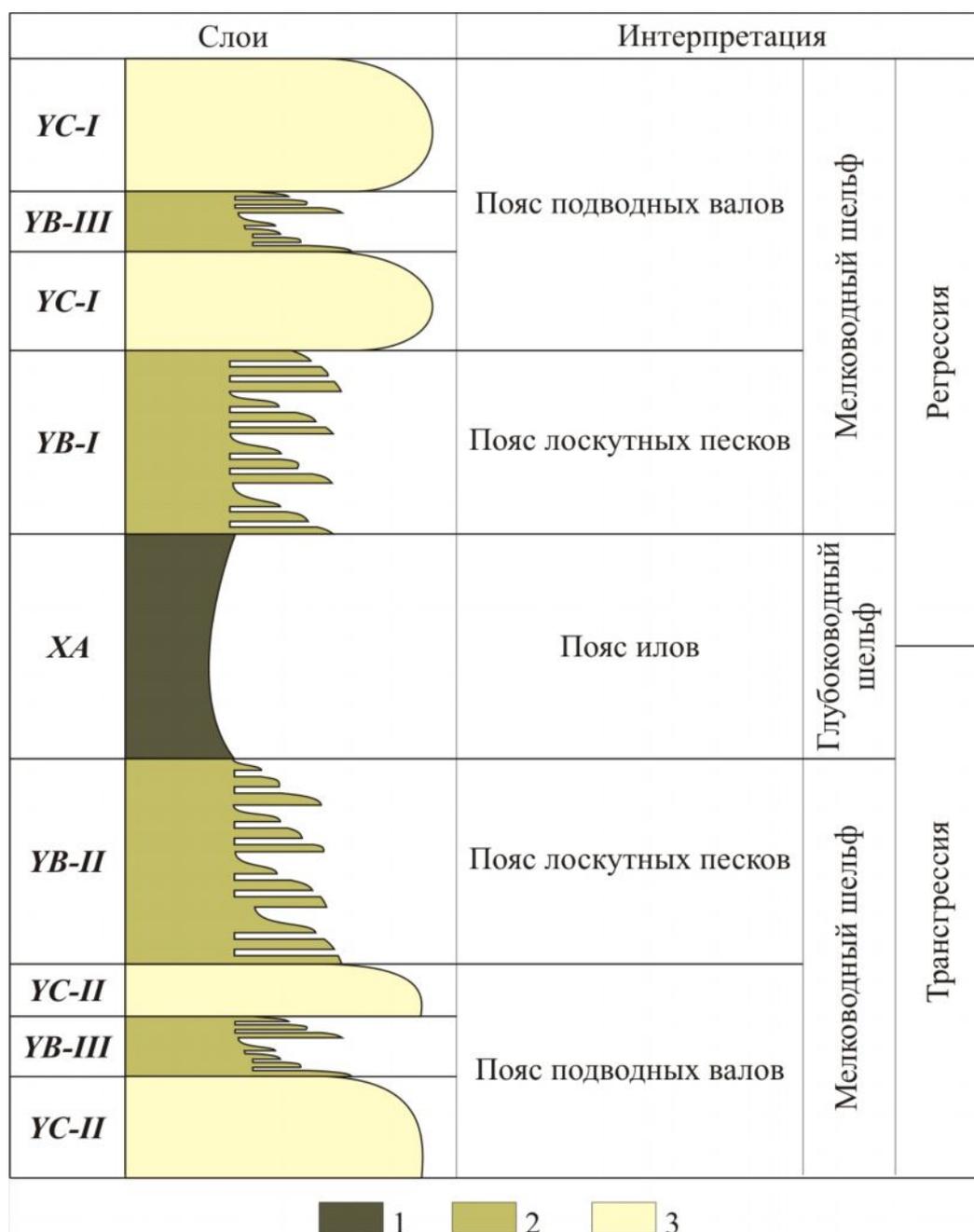


Рис. 5. Идеальная циклотема пласта БВ-8 Повховского месторождения

1 – алевро-пелиты, 2 – алтерниты, 3 – псаммиты.

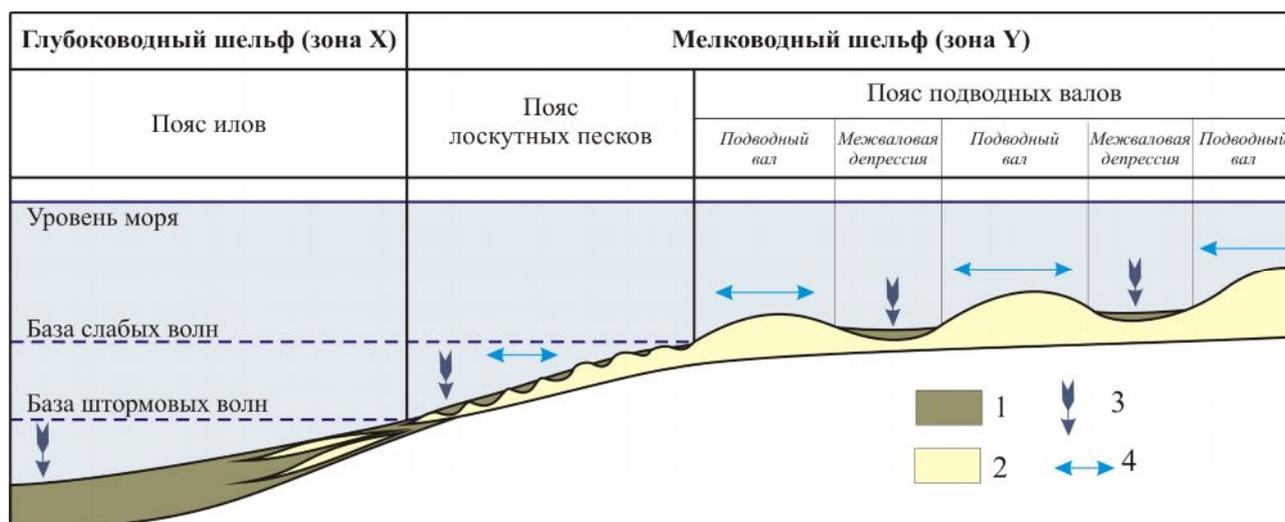


Рис. 6. Обстановки накопления пласта БВ-8 Повховского месторождения

1, 2 – осадки: 1 – пелиты и алевриты, 2 – псаммиты; 3, 4 – способы осадконакопления: 3 – осаднение из взвеси, 4 – сортировка волнениями.

Ниже базы волнений в низкодинамичной глубоководной части эпиконтинентального бассейна за счет оседания из взвеси алевро-пелитовых частиц накапливались слои типа *XA*. Ближе к берегу, между базами штормовых и нормальных волнений в поясе лоскутных песков формировались линзовидно-полосчатые чередования пелитов, алевритов и псаммитов (слои *YB-I* и *YB-II*). Здесь этапы оседания алевро-пелитовой взвеси, периодически, во время штормов, сменялись формированием небольших песчаных аккумулятивных форм под действием возвратно-поступательных движений придонных вод. По мере приближения к берегу за счет уменьшения глубины и усиления влияния волнений на донные осадки доля алевро-пелитов падала, а псаммитов росла. В поясе постоянного волнового воздействия формировались системы подводных песчаных валов (слои *YC-I* и *YC-II*), простирающие которых определяло преобладающее направление подхода волн к мелководью. В депрессиях между валами (в «волновой тени» последних) возникали условия изменчивой, но в целом пониженной гидродинамики, которые приводили к накоплению слоев типа *YB-III*.

При подъеме уровня моря границы описанных выше поясов (см. рис. 6) мигрировали в сторону суши. В результате отложения песчаных валов и межваловых депрессий открытого морского мелководья оказывались под осадками пояса лоскутных песков, которые, за счет дальнейшего увеличения глубины, перекрывались алевро-пелитами глубоководного шельфа. Падение уровня моря приводило к смещению обстановок осадконакопления к центру бассейна и проксимальная часть глубоководной шельфовой равнины становилась поясом лоскутных песков, на месте которого, в свою очередь, возникали обстановки открытого мелководья. В результате такого трансгрессивно-регрессивного цикла седиментации

формировалось геологическое тело – парагенерация, особенности строения которой, в сечении перпендикулярном береговой линии, отражает профиль, представленный на рис. 7. Он позволяет понять причины отклонений слоевой структуры наблюдаемых в разрезах циклотем (случайных вертикальных сечений парагенераций) от идеальной последовательности (см. рис. 5). На профиле (рис. 7) видно, что дистальная часть парагенерации, которая в течение всего трансгрессивно-регрессивного цикла формировалась ниже базы волнений, состоит из одного алевро-пелитового слоя *XA*. Ближе к берегу, там, где в начале трансгрессии и конце регрессии существовал пояс лоскутных песков, образовывалась последовательность слоев *YB-II*→*XA*→*YB-I*. Далее следует область циклотем вида *YC-II*→*YB-II*→*XA*→*YB-I*→*YC-I* или *YC-II*→*YB-III*→*YC-II*→*YB-II*→*XA*→*YB-I*→*YC-I*→*YB-III*→*YC-I*, структура которых близка к идеальной. Эти слоевые последовательности в проксимальной части парагенерации постепенно редуцируются в циклотемы вида *YC-II*→*YB-II*→*YB-I*→*YC-I* или *YC-II*→*YB-III*→*YC-II*→*YB-II*→*YB-I*→*YC-I*→*YB-III*→*YC-I*, а затем – *YC-II*→*YC-I* или *YC-II*→*YB-III*→*YC-II*→*YC-I*→*YB-III*→*YC-I*.

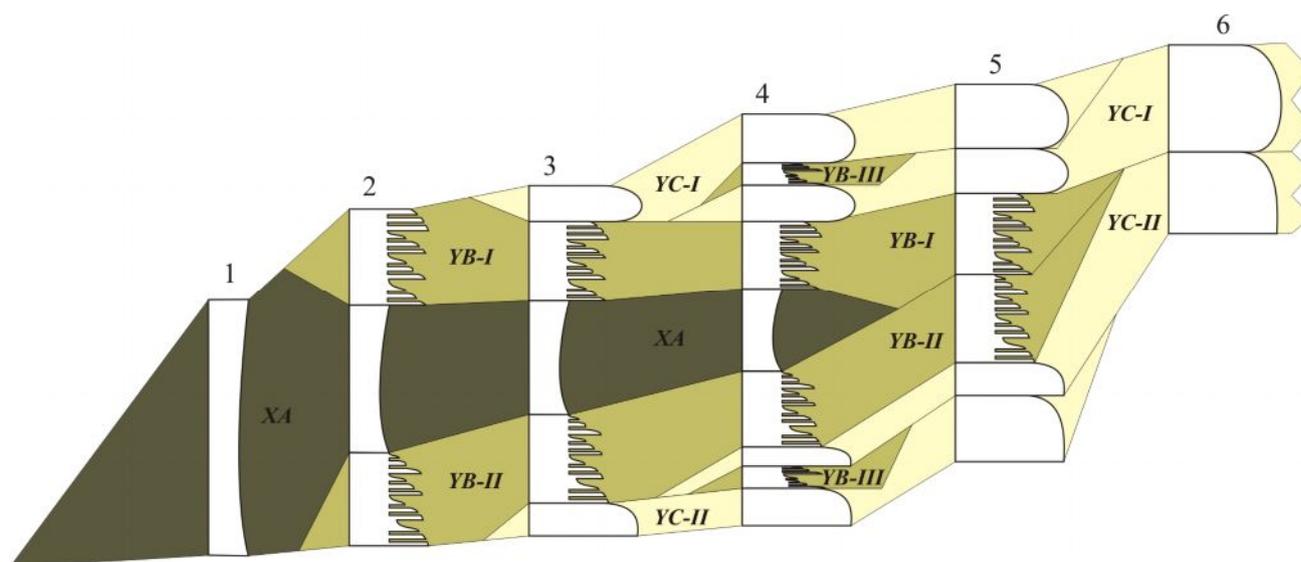


Рис. 7. Схема строения парагенераций пласта БВ-8 Повховского месторождения
1–6 – основные варианты вертикальных сечений (циклотем) парагенерации (колонки с гранулометрической кривой). Условные обозначения см. на рис. 5.

Строение и история формирования пласта БВ-8

На рис. 8 представлена корреляция 12 разрезов, наиболее полно охарактеризованных керном, которая базируется на предположении о том, что колебания относительного уровня моря, приводившие к формированию трансгрессивно-регрессивных последовательностей слоев, одновременно проявлялись по всей территории Повховского месторождения.

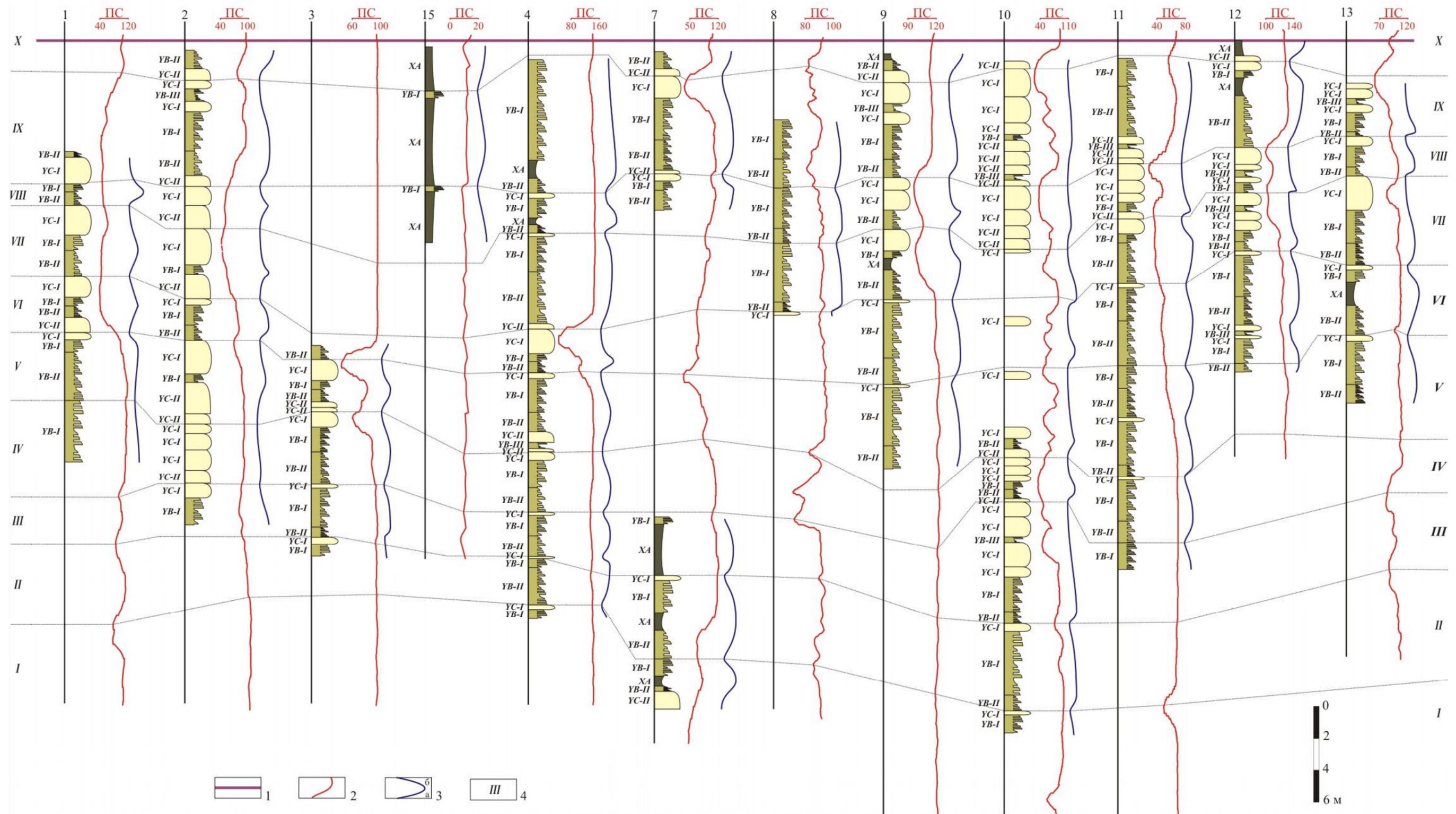


Рис. 8. Схема сопоставления разрезов пласта БВ-8

I – подошва самотлорской глинистой пачки; 2 – кривая ПС; 3 – кривая колебания уровня моря (а – трансгрессия, б – регрессия); 4 – номер парагенерации. Остальные условные обозначения см. на рис. 5.

На этом основании, предварительно выровняв разрезы по подошве самотлорской глинистой пачки, которая перекрывает пласт БВ-8 и надежно определяется по каротажу [Шелепов и др., 1998], мы сопоставляли кривые колебания уровня моря, построенные для каждого изученного по керну интервала. Такой подход позволяет идентифицировать одновозрастные циклотемы, установленные в частных разрезах, несмотря на изменения их слоевой структуры. Отметим, что уровнями с наиболее высоким корреляционным потенциалом являются трансгрессивные и регрессивные максимумы каждого цикла седиментации. Дополнительным критерием сопоставления стали кривые ПС каротажа. В результате установлено, что продуктивный пласт БВ-8 образуют 10 парагенераций, мощностью от 3 до 10 м, которые пронумерованы снизу вверх римскими цифрами (см. рис. 8).

Комплексное использование результатов сопоставления разрезов, охарактеризованных керном, и материалов геофизических исследований 92 скважин, позволило составить серию литологических схем для узких интервалов геологического времени, соответствующих трансгрессивным и регрессивным максимумам (рис. 9). На них видно, что при падении уровня моря формировались вытянутые с северо-востока на юго-запад системы песчаных валов, которые, по-видимому, простирались параллельно береговой линии, расположенной к юго-востоку за пределами месторождения. При подъеме уровня моря их перекрывали алтерниты зоны лоскутных песков и алевро-пелиты глубоководного шельфа.

К концу I цикла песчаная отмель шириной до 5 км располагалась в северо-восточной части месторождения. На регрессивном максимуме II цикла здесь образовались две параллельные песчаные отмели шириной 1–6 км, которые разделяла 3–4 километровая область накопления лоскутных песков. В результате III цикла песчаные отмели немного «отступили» на северо-восток. Регрессии IV, V и VI циклов приводили к формированию двух полос песчаных валов, которые пересекали всю рассматриваемую территорию с северо-востока на юго-запад. Их размеры достигли максимума к концу V цикла и заметно сократились в результате VI цикла осадконакопления. Ширина дистальной северо-западной отмели увеличилась до 7 км, а проксимальной юго-восточной превышала 10 км. С этого времени на небольших участках дна песчаный материал накапливался и во время трансгрессий, что указывает на общее обмеление морского бассейна. По конфигурации областей накопления песков в течение I–VI циклов можно предположить, что в это время основной источник терригенного материала, вероятно дельта реки, располагался к северо-востоку и востоку от рассматриваемой территории. В результате регрессий VII, VIII и IX

циклов размеры песчаной отмели, простиравшейся с северо-востока на юго-запад, постепенно увеличивались, и к концу IX цикла область накопления песков заняла большую юго-восточную часть рассматриваемой территории. Изменения конфигурации песчаных отмелей в течение этого этапа позволяет реконструировать отмирание дельты на северо-востоке и возникновение нового юго-восточного источника терригенного материала. Региональная трансгрессия X цикла седиментации завершила формирование пласта БВ-8, который перекрыли глубоководные алевро-пелиты самотлорской пачки. При этом область накопления песчаного материала отступила на юго-восток.

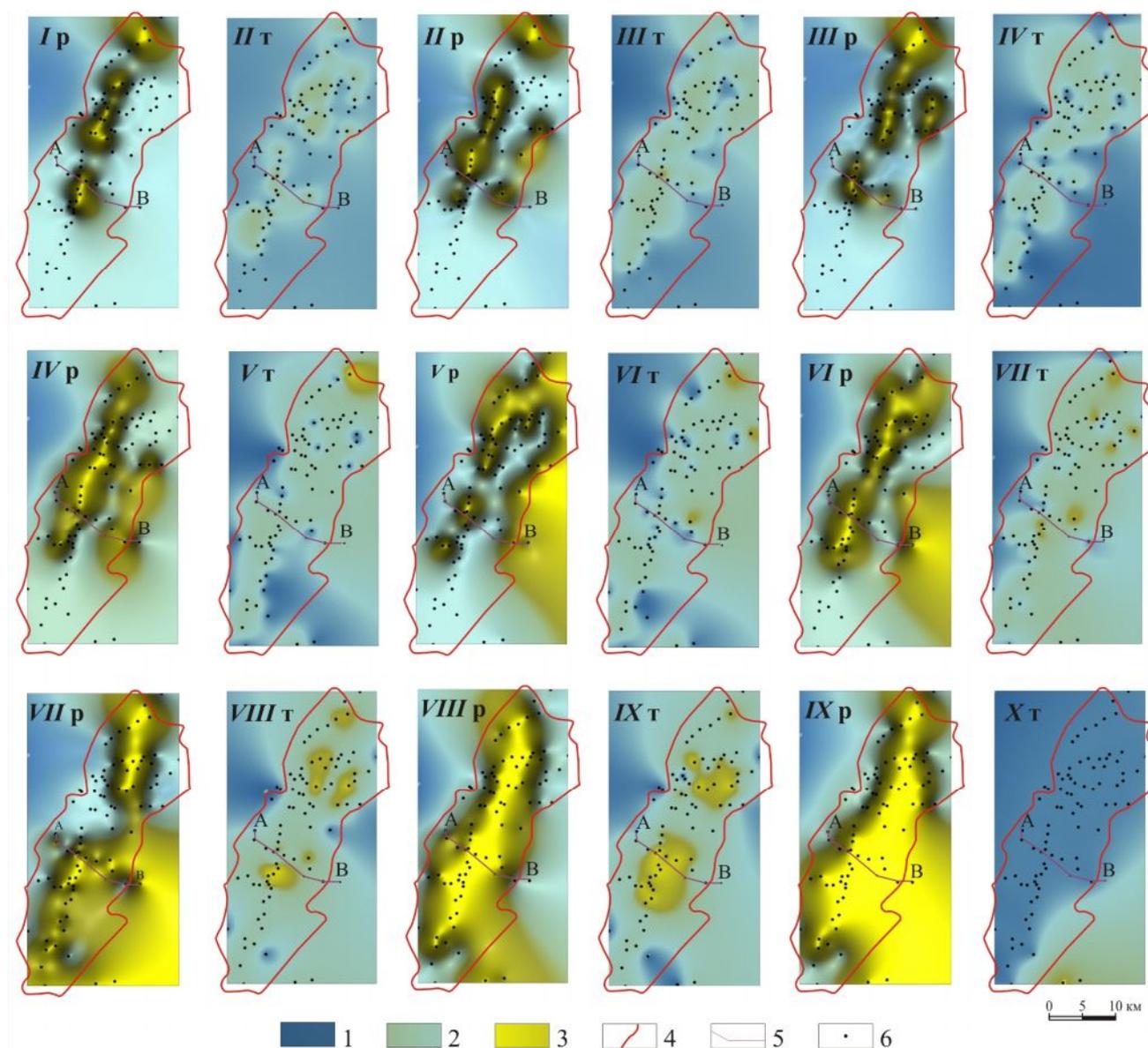


Рис. 9. Литологические схемы трансгрессивных (т) и регрессивных (р) максимумов I–X седиментационных циклов, формировавших пласт БВ-8

1 – пелиты и алевриты; 2 – алтерниты; 3 – псаммиты; 4 – граница Повховского нефтяного месторождения; 5 – линия литологического профиля; 6 – скважина.

Литологический профиль А–В, приведенный на рис. 10, построен по линии перпендикулярной предполагаемому направлению простирания береговой линии (см. рис. 9). На профиле видны песчаные линзы, которые формировались на финальных фазах регрессий и в начале следующих за ними трансгрессий. Их пространственная локализация и размеры меняются от одного цикла седиментации к другому. Это, по-видимому, является следствием постоянных преобразований формы песчаных отмелей, которые можно объяснить неодинаковыми амплитудами трансгрессивно-регрессивных циклов колебания уровня моря, изменениями локализации источника обломочного материала и путей его вдольбереговой транспортировки (см. рис. 9, 10).

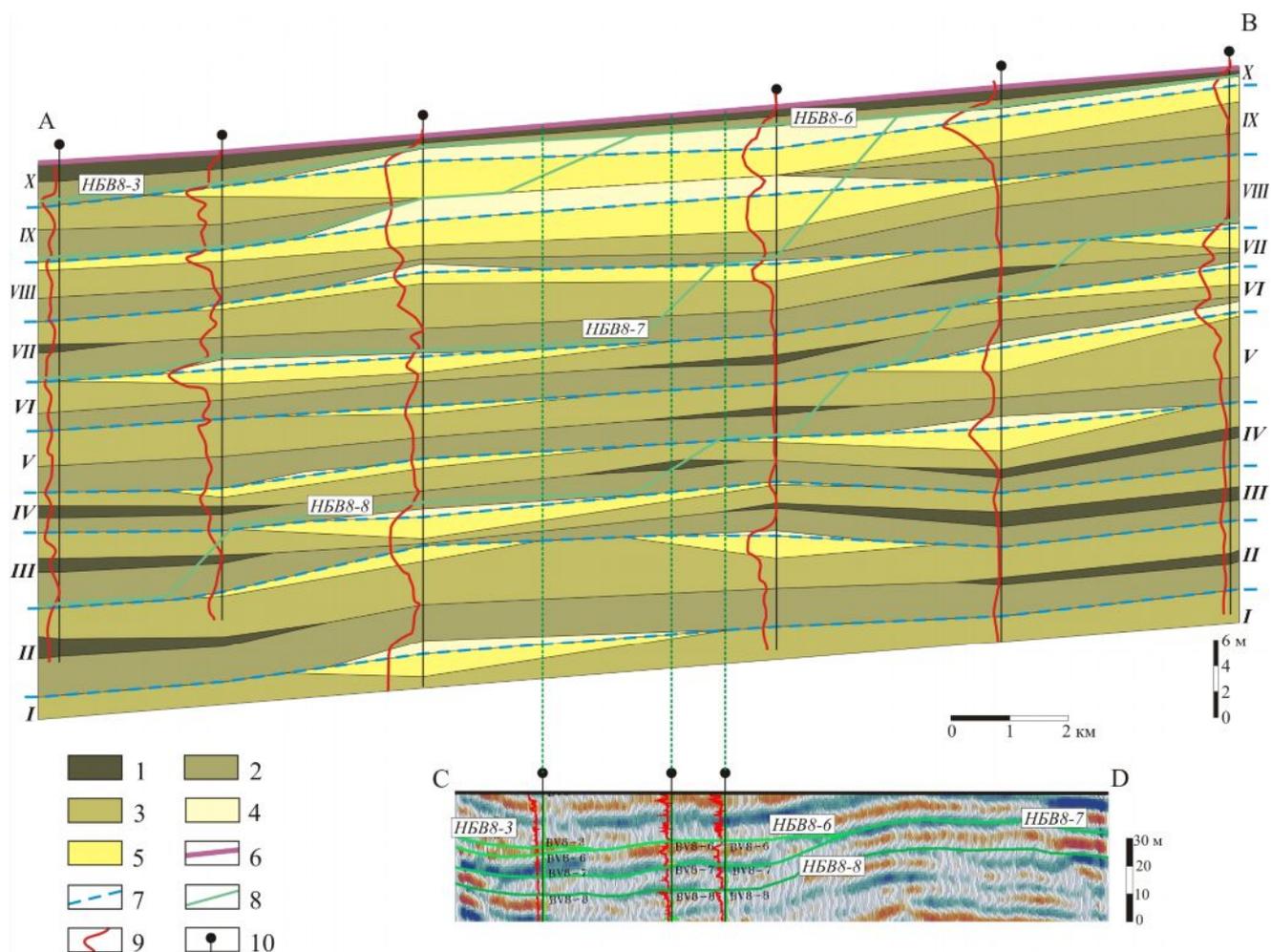


Рис. 10. Литологический профиль (А–В) и сейсмический разрез (С–D) пласта БВ-8

1 – пелиты и алевриты; 2 – алтерниты трансгрессивной фазы; 3 – алтерниты регрессивной фазы; 4 – псаммиты трансгрессивной фазы; 5 – псаммиты регрессивной фазы; 6 – подошва самотлорской глинистой пачки; 7 – границы парагенераций, пронумерованных римскими цифрами; 8 – границы отражающих горизонтов НБВ8-8, НБВ8-7, НБВ8-6, НБВ8-3; 9 – кривая ПС каротажа; 10 – скважина.

Обсуждение результатов

Представленные выше материалы подтверждают горизонтально-слоистую модель пласта БВ-8 Повховского месторождения [Шелепов и др., 1995]. Одновременно наши выводы кардинально расходятся с клиноформной интерпретацией данных сейсморазведки [Шелепов и др., 1998], поскольку в изученных разрезах не обнаружено дельтовых циклотем, диагностические признаки которых подробно рассмотрены в работах [Селли, 1989; Реддинг, 1990], а соответственно не установлены и следы проградации дельтовой платформы.

Для объяснения особенностей рисунка сейсморазрезов, лежащих в основе клиноформной модели строения пласта БВ-8 [Шелепов и др., 1998], мы сопоставили сейсмический разрез С–D, заимствованный из отчета «Сейсморазведочные работы по методике 3Д на Восточно-Повховском участке (обработка и интерпретация)» (2009 г.), и расположенный рядом (см. рис. 1) литологический профиль А–В. При этом оказалось, что выделенные по сейсмике границы отражающих горизонтов НБВ8-8, НБВ8-7, НБВ8-6 и НБВ8-3, отождествляемые с кровлями наклоненных на запад под углом 1–2° клиноформных тел, «скользят» по кровлям разновозрастных песчаных линз, создавая картину погружающихся к западу межслоевых поверхностей (см. рис. 10). Так отражающий горизонт НБВ8-8, по-видимому, объединяет песчаные линзы, образовавшиеся в результате семи трансгрессивно-регрессивных циклов седиментации (I–VII парагенерации). Восточные окончания горизонтов НБВ8-7 и НБВ8-6 не получают литологического обоснования, т.к. секут песчаные слои. Вероятно, их проводят «по инерции», продолжая, намеченную и теоретически обоснованную используемой моделью, наклонную линию. Заметим, что из предложенной на сейсморазрезе интерпретации неминуемо следует существование двух стратиграфических несогласий. Первое, локализующееся между 6 и 3 клиноформами, больше или равно времени накопления 5 и 4 клиноформ, которые, очевидно, выделены западнее. Второе стратиграфическое несогласие должно существовать между регионально выдержанной трансгрессивной самотлорской глинистой пачкой и подстилающими ее породами. На востоке (см. рис. 10), где глинистая пачка залегает на 7 клиноформе, необходимо ожидать максимальную продолжительность перерыва, которая не может быть меньше времени формирования шести (!) клиноформ. К западу, его объем должен постепенно уменьшаться. Между подошвой глинистой пачки и кровлей 6 клиноформы он равен длительности накопления 5–1 клиноформ, а на западе в кровле 3 клиноформы его продолжительность минимальна, и соответствует «только» времени образования 2 и 1

клиноформ. Теперь важно подчеркнуть, что при изучении керна, нам не удалось установить никаких (!) литологических признаков стратиграфических несогласий (см. рис. 8).

Таким образом, результаты структурно-генетического анализа не подтверждают клиноформную модель пласта БВ-8 Повховского месторождения. Вероятно, последняя является результатом недостаточного разрешения сейсмоки, которая выявляет только существенно генерализованную картину локализации диахронных разделов песчаных и алевро-пелитовых разностей. Такие границы не имеют седиментологического смысла, хотя, вероятно, расчленяют продуктивный пласт на гидродинамически связанные части [Орлинский, Файзуллин, 1993].

Можно предположить, что аналогичную «природу» имеют клиноформные модели продуктивных пластов БС-10 Усть-Балыкского и Западно-Балыкского месторождений [Преженцев, Сергеев, Коновалова, 1990], БС-12 месторождений Сургутского свода и БУ-17 Самбургско-Уренгойского района [Инюшкина, Мерзлякова, 2007]. Эти пласты накапливались в мелководной части неокомского моря и входящие в их состав песчаные линзы, формировавшиеся в результате цикличного повторения трансгрессивно-регрессивных этапов седиментации, располагаются кулисообразно и перекрываются в плане [Преженцев, Сергеев, Коновалова, 1990; Инюшкина, Мерзлякова, 2007].

Заключение

Структурно-генетический анализ материалов собранных при описании керна пласта БВ-8 Повховского месторождения позволили установить 9 литолого-генетических типов пород, которые закономерно группируются в 6 типов, образующих 10 трансгрессивно-регрессивных систем – парагенераций мощностью от 2 до 10 м.

Генетическая интерпретация полученных результатов показала, что песчаные слои продуктивного пласта формировались в дистальной части открытого морского мелководья благодаря перемещению систем подводных валов под действием волнений. По направлению к центру бассейна эту область сменяли пояса лоскутных песков и относительно глубоководных алевро-пелитовых илов. Использование созданной седиментологической модели позволило построить для каждой изученной скважины кривую колебания относительного уровня моря, которые стали основой корреляции частных разрезов.

Серия литологических схем, составленных для узких интервалов геологического времени, соответствующих трансгрессивным и регрессивным максимумам седиментационных циклов, позволила заключить, что пески накапливались в пределах отмелей, которые простирались параллельно береговой линии с северо-востока на юго-запад.

С течением времени их размеры постепенно увеличивались в связи с общей регрессией раннемелового эпиконтинентального моря.

Литологический профиль, построенный вкрест простирания береговой линии, показал, что песчаные коллекторы пласта БВ-8 представляют собой более или менее вытянутые линзы, состоящие из двух слоев: нижний – накапливался на финальной фазе регрессии, а верхний – в начале трансгрессии следующего цикла седиментации. Пространственная локализация и размеры песчаных линз меняются от одного цикла седиментации к другому, вследствие постоянных преобразований конфигурации подводных аккумулятивных ландшафтов.

Полученные результаты кардинально расходятся с клиноформной моделью пласта БВ-8, которая, вероятно, является результатом недостаточного разрешения сеймики, позволяющей выявить только существенно генерализованную картину локализации диахронных разделов песчаных и алевро-пелитовых разностей. Такие границы диахронны и не имеют седиментологического (историко-геологического) смысла. При этом пласт БВ-8 действительно неоднороден и состоит из десяти парагенераций, которые, несомненно, имеют форму линз (клиноформ) и наклонены к центру бассейна. Однако углы падения границ их разделов значительно меньше, чем это предполагают сторонники клиноформной модели.

Эти соображения позволяют присоединиться к мнению о необходимости ревизии клиноформной модели неокома, которая «...противоречит имеющимся данным о геологическом строении Западной Сибири...» [Журавлев, Журавлева, 2011, стр. 29]. Для подтверждения или опровержения этого суждения необходимы дополнительные комплексные исследования керн скважин, материалов ГИС и результатов сеймопрофилирования нижнего мела Западной Сибири.

Благодарности

Авторы сердечно благодарят Ю.А. Волкова, В.Н. Михайлова (ООО «ЦСМРнефть») и А.И. Сухарева (ООО «КогалымНИПИнефть») за неоценимую помощь, оказанную при сборе фактического материала.

Литература

Журавлев Е.Г., Журавлева Л.М. Особенности поисков залежей в ачимовской толще Западной Сибири. - XIX Губкинские чтения. - М.: Изд-во РГУ нефти и газа, 2011. - С. 29-30.

Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. - М.: Изд-во АН СССР, 1962. - 710 с.

Инюшкина А.А., Мерзлякова Д.В. Комплексное применение результатов сейморазведочных работ 3Д и данных ГИС при изучении строения и моделировании клиноформных резервуаров Западной Сибири // Геофизика, 2007. - №4. - С. 195-200.

Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. - М.: Недра, 1984. - 260 с.

Орлинский Б.М., Файзуллин Г.Х. Геологическое строение залежи пласта БВ-8 Повховского месторождения // Геология нефти и газа, 1993. - № 5. - <http://geolib.ru/OilGasGeo/1993/05/Stat/stat02.html>

Преженцев А.А., Сергеев В.П., Коновалова Л.А. Полистадийность формирования песчаных пластов в шельфовой части клиноформ Сургутского свода // Литмологические закономерности размещения резервуаров и залежей углеводородов. - Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. - Вып. 743. - С. 118-123.

Рединг Х.Г. Обстановки осадконакопления и фации: В 2-х т.: Пер. с англ. - М.: Мир, 1990. - С. 281-342.

Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. - Новосибирск: Изд-во СНИИГГиМС, 2004. - 113 с.

Селли Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления: Пер. с англ. / Пер. А.А. Никонова, К.И. Никоновой. - М.: Недра, 1989. - 294 с.

Шелепов В.В., Заринов О.Г., Камалетдинов Р.А., Чернова Л.И. Условия формирования и строение горизонта БВ-8 Повховского месторождения нефти (Западная Сибирь) // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений, 1995. - № 2. - С. 12-18.

Шелепов В.В., Галимзянов Р.М., Парфенов Б.В., Басик Е.П. Рабочая модель Повховского месторождения с целью определения запасов нефти // Нефтегазовое обозрение, 1998. - № 3. - С. 18-24.

Шишлов С.Б. Структурно-генетический анализ осадочных формаций. - СПб: Изд-во СПГГИ (ТУ), 2010. - 275 с.

Shishlov S.B., Gubaeva F.R.

Saint-Petersburg State Mining University, Saint Petersburg, Russia, sshishlov@mail.ru, gubaeva-florida@yandex.ru

STRUCTURE AND FORMATION CONDITIONS OF THE LOWER CRETACEOUS RESERVOIR BV-8 - POVKHOVSKOE OIL FIELD (WESTERN SIBERIA)

Structural and genetic analysis of cores and log data (SP curves) has shown that strata BV-8 of the Povkhovskoe oil field consists of 10 transgressive-regressive systems of layers, which were formed as a result of migration landscapes (deep muds, "rag sands" and sand dikes) during the rise and fall of the sea level. It has been found that sand strata are represented by lenses that consist of two layers: the lower (accumulated in the final phase of regression), and the upper (accumulated at the beginning of transgression of the next sedimentation cycle). The obtained results do not confirm the clinof orm model of strata BV-8 due to low resolution of seismic profiling, which only allows to reveal some general boundaries of a number of diachronic sands lenses, that are located en echelon and overlap each other.

Key words: *sedimentary environments, transgressive-regressive cycles, structural and genetic analysis, clinof orm, productive strata BV-8, Povkhovskoe oil field, Lower Cretaceous.*

References

Zhuravlev E.G., Zhuravleva L.M. *Osobennosti poiskov zalezhey v achimovskoy tolshche Zapadnoy Sibiri* [Features of deposit prospecting in Western Siberia Achimov strata]. XIX Gubkinskie chteniya. Moscow: RGU nefti i gaza, 2011, pp. 29-30.

Zenkovich V.P. *Osnovy ucheniya o razvitií morskikh beregov* [Fundamentals of the study of the sea coast development]. Moscow: AN SSSR, 1962, 710 p.

Inyushkina A.A., Merzlyakova D.V. *Kompleksnoe primeneniye rezul'tatov seymorazvedochnykh rabot 3D i dannykh GIS pri izuchenii stroeniya i modelirovanií klinof ormnykh rezervuarov Zapadnoy Sibiri* [Integrated application of the results of 3D seismic and log data in the structure study and clinof orm reservoir modeling of Western Siberia]. *Geofizika*, 2007, no. 4, pp. 195-200.

Muromtsev V.S. *Elektrometricheskaya geologiya peschanykh tel – litologicheskikh lovushek nefti i gaza* [Electrometric geology of sand bodies - lithologic traps of oil and gas]. Moscow: Nedra, 1984, 260 p.

Orlinskiy B.M., Fayzullin G.X. *Geologicheskoe stroeniye zalezhi plasta BV-8 Povkhovskogo mestorozhdeniya* [Geological structure of the reservoir BV-8, Povkhovskoe field]. *Geologiya nefti i gaza*, 1993, no. 5, available at: <http://geolib.ru/OilGasGeo/1993/05/Stat/stat02.html>

Prezhentsev A.A., Sergeev V.P., Konovalova L.A. *Polistadiynost' formirovaniya peschanykh plastov v shel'fovoy chasti klinof orm Surgutskogo svoda* [Poly-phasic formation of sand strata in the offshore part of the Surgut arch clinof orms]. *Litologicheskíe zakonomernosti razmeshcheniya rezervuarov i zalezhey uglevodorodov*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otdeleniye, 1990, no. 743, pp. 118-123.

Reding Kh.G. *Obstanovki osadkonakopleniya i fatsii* [Sedimentation environment and facies]. Moscow: Mir, 1990, pp. 281-342.

Resheniye 6-go Mezhhvedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po rassmotreniyu i prinyatiyu utochnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoyskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri [Decision of the 6th Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the consideration and adoption of revised stratigraphic schemes of the Mesozoic deposits of Western Siberia]. Novosibirsk: SNIIGGiMS, 2004, 113 p.

Selli R.Ch. *Drevniye obstanovki osadkonakopleniya* [Ancient sedimentation environment]. Moscow: Nedra, 1989, 294 p.

Shelepov V.V., Zaripov O.G., Kamaletdinov P.A., Chernova L.I. *Usloviya formirovaniya i stroenie gorizonta BV-8 Povkhovskogo mestorozhdeniya nefiti (Zapadnaya Sibir')* [Conditions of formation and structure of the BV-8 horizon of Povkhovskoe oil field (Western Siberia)]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy*, 1995, no. 2, pp. 12-18.

Shelepov V.V., Galimzyanov P.M., Parfenov B.V., Basik E.P. *Rabochaya model' Povkhovskogo mestorozhdeniya s tselyu opredeleniya zapasov nefiti* [Model of Povkhovskoe field for oil reserves evaluation]. *Neftegazovoe obozrenie*, 1998, no. 3, pp. 18-24.

Shishlov S.B. *Strukturno-geneticheskiy analiz osadochnykh formatsiy* [Structural and genetic analysis of sedimentary formations]. Saint Petersburg: SPGGI (TU), 2010, 275 p.

© Шишлов С.Б., Губаева Ф.Р., 2012