

выбрасывая в сторону один или два извилистых рукава. Как уже говорилось, если включение испытalo природную декрепитацию, которая произошла скорее всего из-за подъема всей геологической структуры к дневной поверхности, то оно сформировалось при давлении более 1,5–2 кбар. Это в определенной степени подтверждает оценку давления, полученную по номограмме [9].

Двухфазовые углекислотно-водные включения, судя по замерам температур гомогенизации (в среднем 350°C), сформировались при давлении почти 4 кбар. Значит, на начальных стадиях параметры образования кварца — температура и давление — повышались. А. Билаи и Д. Толесса [7, 10] считали, что вся кварцевая жила сформировалась на стадии ретроградного метаморфизма. Данные изучения первичных ранних включений противоречат этому мнению.

Только следующие включения, по ряду признаков являющиеся вторичными, образовывались на ста-

дии снижения температуры и давления, но тогда получается, что давление снижалось быстрее, чем температура. Это приводило к тому, что во включениях нарастало избыточное давление по отношению к внешнему давлению. Когда оно в крупных включениях примерно в два раза превышало значение прочности кварца на разрыв (около 1,5–2 кбар), то включения растрескивались с образованием серии новых дочерних включений, адаптированных к новым термодинамическим условиям.

Заключение. Кварцевые жилы месторождений Легадемби и Сакаро формировались в условиях тримолит-актинолит-тальковых ступеней амфиболитовой фации метаморфизма. Золото в кварцевых жилах, вероятно, появилось позже, на стадиях ретроградного метаморфизма зеленосланцевых фаций. При этом давление снижалось опережающими темпами по сравнению с температурой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков Н.П. Исследования минералообразующих растворов. Харьков, 1950.
2. Ермаков Н.П. Геохимические системы включений в минералах. М., 1972.
3. Ермаков Н.П., Долгов Ю.А. Термобарогеохимия. М., 1979.
4. Крофорд М.Л., Холлистер Л.С. Природа метаморфических флюидов по данным изучения флюидных включений // Взаимодействие флюид — порода при метаморфизме / Под ред. Дж. Уолтера и Б. Вуда. М., 1989. С. 9–48.
5. Леммлейн Г.Г. Образование жидких включений в минерале и их применение в геологической термометрии // Геохимия. 1956. № 6. С. 630–642.
6. Рёддер Э. Флюидные включения в минералах: В 2 т. М., 1978.
7. Billay A.Y. Gold mineralization at Lega Dembi and Sacaro in Megado Greenstone Belt. Southern Ethiopia // Auflage Aachen. Mainz, 1998.
8. Brown P.E. FLINCOR: A microcomputer program for the reduction and investigation of fluid-inclusion data// Amer. Mineral. 1989. Vol. 74. P. 1390–1393.
9. Brown P.E., Lamb W.M. Mixing of H₂O—CO₂ in fluid inclusions; geobarometry and frchean gold deposits // Geoch. et Cosmochim. Acta. 1986. Vol. 50. P. 847–852.
10. Tolessa, D. The geology, geochemistry and genesis of Legadembti and Moyale gold deposits, Southern Ethiopia // Braunschweiger Geowiss. 1999. Arb. 23.

Поступила в редакцию
13.04.2004

УДК 552.5:553.96

Е.Е. Карнишина, Н.А. Коробова, А.Л. Корзун

ЛИТОФАЦИАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ СТРОЕНИЯ ПРОДУКТИВНОГО ВЕРХНЕЮРСКОГО ПЛАСТА ПОТАНАЙСКОЙ НЕФТЕНОСНОЙ ПЛОЩАДИ (Западная Сибирь)

Успешные разведка и доразведка нефтегазовых месторождений, залежи которых приурочены к литологическим ловушкам, связаны с прогнозом проницаемых седиментационных геологических тел. Генетическая идентификация и прогноз таких объектов требуют проведения крупномасштабных исследований, основанных на изучении цикличности, текстур, вещественного состава отложений и выявлении литофаций с последующим построением се-

диментационных моделей [4]. Такие исследования были проведены для продуктивного верхнеюрского пласта Ю₁² абалакской свиты на Потанайской нефтеносной площади, расположенной на северо-востоке Шаймского вала, входящего в состав Приуральской нефтегазоносной области Западно-Сибирского бассейна (рис. 1).

Методика работ и интерпретация полученных результатов базировалась на опыте седиментологичес-

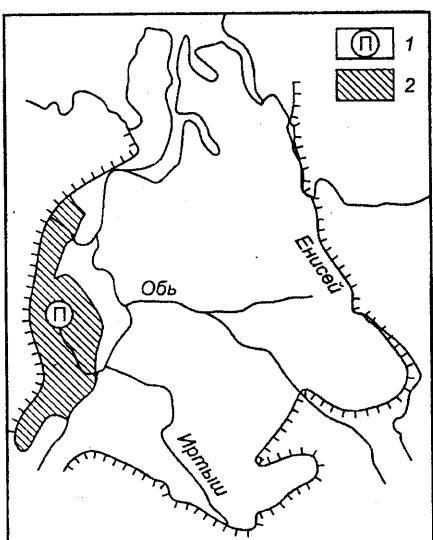


Рис. 1. Схема расположения площади исследования [2]: 1 — Потанайская площадь; 2 — Приуральская нефтегазоносная область

ких исследований, изложенных в ряде известных публикаций [1—3, 5—8].

Абалакская свита оксфорда—кимериджа суммарной мощностью до 30 м залегает с размывом на нижне-среднеюрских отложениях тюменской свиты либо трансгрессивно перекрывает кору выветривания доюрского комплекса (рис. 2). Изучена эта свита по керну 15 разведочных скважин. Продуктивный пласт Ю_1^2 толщиной 4—15 м выделяется в нижней части свиты, ее верхняя часть относится к пласту Ю_1^1 . В строении изученного пласта преобладают песчаники, алевролиты, ритмы песчано-алевролитового и алевролитово-песчаного состава. Грубообломочные и карбонатно-терригенные породы имеют подчиненное значение. По соотношению основных типов пород и с учетом процентного содержания песчаников (Π , %) для пласта Ю_1^2 выделены следующие литофации: грубообломочная, гравийно-песчаная, существенно песчаная, песчаная, алевропесчаная, песчано-алевритовая, алевритовая и карбонатно-терригенная. Терригенные образования по составу породообразующих компонентов относятся к олигомиктовым разностям и грауваккам (рис. 3).

Литофации

В западной части площади прослежены грубообломочная, гравийно-песчаная, песчано-алевритовая и алевритовая литофации (рис. 4).

Грубообломочная литофация ($\Pi < 10\%$) описана в верхней части интервала 2109—2118 м скважины 104. Это нефтенасыщенные трещиноватые конглобрекции, брекции и гравелиты суммарной толщиной 3,1 м, залегающие выше выветрелых поликомпонентных метабрекций доюрского комплекса.

Снизу вверх в составе пласта Ю_1^2 наблюдаются три циклита:

— 1-й циклит (вскрыто 0,7 м) сложен в основании конглобрекциями (0,55 м) из продуктов перемыва юрских отложений. Их прямоугольные фрагменты (3×4 см) и более крупные угловатые обломки имеют серые окраски и представлены крупнозернистыми олигомиктовыми алевролитами с обильным содержанием углефицированных растительных остатков. Выше залегают желтовато-бежевые гравелиты (0,15 м). Они содержат материал дезинтегрированных поликомпонентных метабрекций из коры выветривания, и в частности обломки выветрелых метапесчаников с размерами до 1 см с характерными для этих образований сферолитами сидерита;

— 2-й циклит редуцирован и представлен брекциями толщиной 0,4 м, нефтенасыщенность которых усиливается вниз по разрезу. Брекции состоят из обломков с размерами от 1×2 см и более песчаников желтовато-серых и серых, мелкозернистых, гравелистых, насыщенных витринитизированными растительными остатками и биотурбированных;

— 3-й циклит вскрытой толщиной 1 м состоит из трех элементов. Нижний элемент циклита (эц) толщиной 0,5 м представлен брекциями из крупных обломков желтовато-серых алевропесчаных пород (длина обломков 5—7 см, диаметр соизмерим с поперечным сечением керна либо превосходит его, т.е. более 7 см). Заполнителем служит песчаный разнозернистый материал, образующий затеки шириной от 0,5 до 1,5 см. В брекциях встречаются крупные обломки углефицированных древесных стволов, покрытых пленками битума с ореолами окисления. Средний эц (0,15 м) — конглобрекции из фрагментов (от 1×2 см до видимой ширины 6 см в поперечнике) коричнево-бежевых разнозернистых гравелистых биотурбированных песчаников. Конглобрекции практически не содержат заполнителя, нарушены через 3—5 см трещинами шириной до 1 мм. Межобломочное пространство и трещины заполнены нефтью. Верхний эц (0,35 м) — гравелиты кварцево-граувакковые серые, с полого наклоненными белесыми линзами, обогащенными кварцем и каолинитом.

Гравийно-песчаная литофация ($\Pi = 90—80\%$) руслового генезиса выделена в разрезе скважины 100. Пласт Ю_1^2 имеет здесь толщину 6,9 м, но вынос керна составляет менее 50% вследствие слабой уплотненности практически бесцементных гравийно-песчаных нефтеносных пород, изобилующих битумными пленками и вскрытых в верхней части интервала 2117—2124 м (I пачка) и в нижней половине интервала 2110—2117 м (II и III пачки).

I пачка вскрытой толщиной 1,3 м сложена гравийно-песчаными циклитами, среди которых только верхний из них толщиной 0,5 м относительно полно охарактеризован керном.

В основании пачки на каолинитизированной доюрской коре выветривания залегают по резкой неровной границе бурые гравелиты с обильной примесью углефицированных растительных остатков. Гравелиты

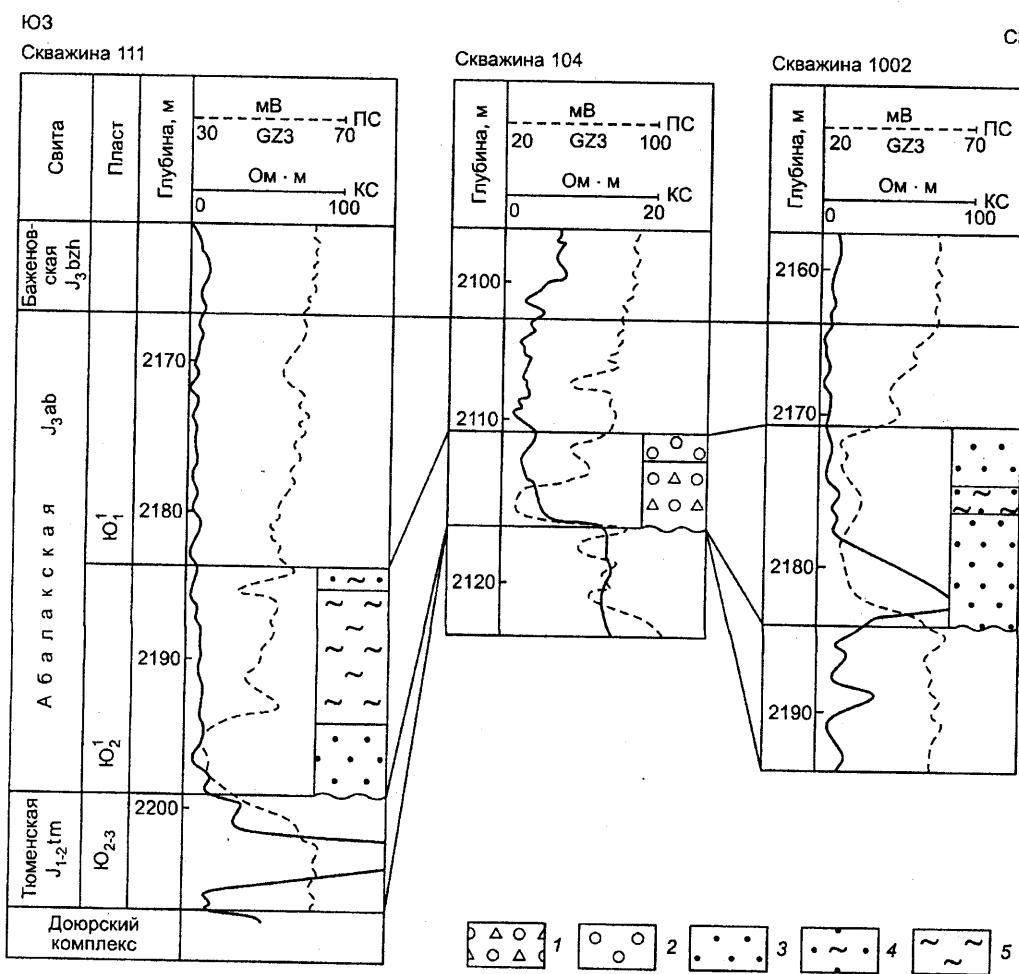


Рис. 2. Схема сопоставления пласта Ю₁² по линии I—I: 1 — конглобрекции и брекчии; 2 — гравелиты; 3 — песчаники; 4 — ритмы алевролитово-песчаные и песчано-алевролитовые; 5 — алевролиты. Направление линии сопоставления скважин см. на рис. 4

состоят из угловатых и полуокатанных зерен (с размерами до 2–3 мм) кварца, кварцитов и обломков измененных выветриванием метаморфических пород. Количество крупно-среднезернистого песчаного, существенно кварцевого заполнителя достигает 50%. Цементируется обломочный материал хорошо окристаллизованным каолинитом. Таким образом, базальные гравелиты наследуют минеральные компоненты доюрского комплекса и тюменской свиты.

Выше по разрезу появляются более окатанные зерна кварца, их размер постепенно уменьшается. В верхней половине пачки описаны мелкозернистые олигомиктовые песчаники с порово-пленоочным цементом (до 10%) хлорит-каолинитового состава. В отдельных порах наблюдаются аутогенный кристаллический кальцит и пирит.

II пачка (вскрыто 1,1 м) и III пачка (вскрыт 1,0 м) имеют существенно песчаный состав с тенденцией к убыванию медианного диаметра зерен вверх по разрезу. В кровле II пачки залегают косослоистые гравелиты (вскрыто 0,03 м), заполняющие врез в подстилающих линзовидно-косослоистых песчаниках. Гравелиты содержат обильные включения фрагментов из разрушенных угольных пластов тюменской свиты и остатки углефицированных стеблей растений.

Песчано-алевритовая литофаия (П до 30%) имеет признаки, характерные для обстановки формирования прирусловых валов. В скважине 111 эти признаки отражены в строении I, II и III пачек (интервалы 2196–2201, 2190,3–2195,3 м и нижняя часть интервала 2183,4–2187,7 м соответственно).

I пачка состоит из одного крупного циклита вскрытой толщиной 3,55 м. Нижний эц (0,5 м) — песчаники, залегающие на темно-серых алевролитистых пойменных отложениях тюменской свиты по неровной границе с признаками размыта. Косая слоистость песчаников подчеркивается сменой окраски снизу вверх от желто-бежевой (0,2 м) до различных оттенков серого цвета в слойках, чередующихся через 2–3 см (до 7 см). Внутри них косые разнонаправленные средне- и мелкозернистые песчаные пропластки (толщиной в несколько миллиметров) образуют перекрестно-косослоистые парные серии.

Состав песчаников олигомиктовый, для преобладающего в нем кварца характерны угловатые, нередко гипидиоморфные зерна. Отмечены следы регенерационных каемок, которые корродированы пиритизированным битумом, заполняющим поры диаметром 0,1–0,12 мм.

Верхний эц (3,05 м) — алевролитово-песчаные ритмы, состоящие из горизонтального и волнисто-линзовидного чередования желто-серых мелкозернистых песчаников (по 3—4 см) и буровато-серых разнозернистых алевролитов (по 1—1,5 см). Внутренняя текстура некоторых из этих слойков перекрестная косослойчатая. На плоскостях напластования иногда наблюдаются скопления и отпечатки тонких фрагментов углефицированных растительных тканей.

Песчано-алевролитовые ритмы имеют олигомиктовый состав, содержат прерывисто регенерированные зерна кварца, обладают гидрослюдистым пленочным цементом в количестве не больше 10%, в единичных случаях отмечен каолинит.

II пачка вскрытой мощностью 4,5 м состоит из четырех существенно алевритовых циклитов толщиной 1—1,5 м. Их толщина увеличена за счет более крупных средних и верхних элементов циклитов, представленных алевролитово-глинистыми ритмами. Для последних характерны брекчированность и многочисленные зеркала скольжения, связанные с оползанием и биотурбацией отложений в процессе седиментогенеза.

В составе терригенных отложений этой пачки уменьшается количество кварца, увеличивается доля полевых шпатов и обломков пород, среди которых значительна примесь переотложенных фрагментов ритмитов из подстилающих одновозрастных отложений. В составе цемента помимо преобладающего каолинита отмечается аутигенный сидерит, который нередко образует микроконкремции.

III пачка вскрытой мощностью 1,95 м представлена трехслойным циклитом с желто-бурыми косослойистыми песчаниками (в основании вскрыто 1,2 м), которые перекрыты размытыми в кровле песчано-алевролитовыми ритмитами (0,3 м). На их размытой поверхности залегают алевролитово-глинистые сероцветные ритмы (0,6 м), которые рассматриваются как образования заливающегося прируслового вала.

Песчаники наиболее крупных нижних эц имеют открытую пористость ($P_{\text{от}}$) 17—21%, их максимальный коэффициент проницаемости ($K_{\text{пр}}$) достигает 70 мД. В ритмитах верхних пачек пористость составляет 10—19%, $K_{\text{пр}}$ изменяется от 0,1 до 1,1 мД.

Алевротовая литофация (П до 20%) выделена в скважине 114 по характерным особенностям разреза, вскрытого в интервале 2152—2157 м, где выход керна составил 4,6 м. В нижней части интервала на ожелезненные породы доюрской коры выветривания по неровной границе налегают отложения абалакской свиты. В них снизу вверх выделены две пачки.

I пачка мощностью 2,3 м сложена разнозернистыми алевролитами, цвет которых изменяется от корич-

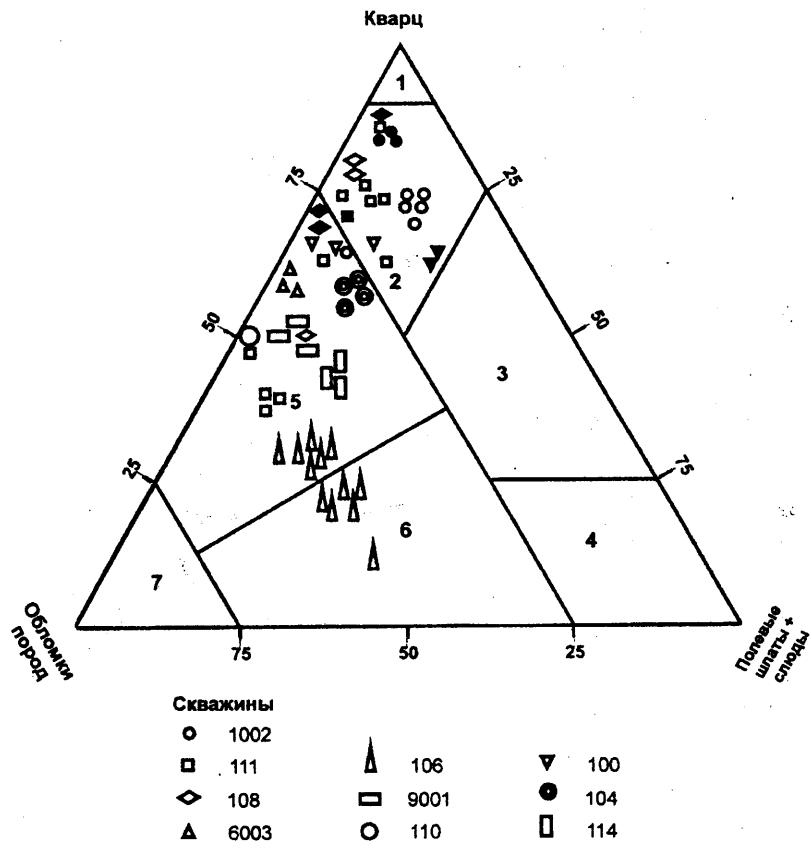


Рис. 3. Классификационная диаграмма обломочных пород пласта Ю₁: знаками с черной заливкой показаны нефтесодержащие разности. Поля диаграммы и соответствующие группы обломочных пород, по [9]: 1 — кварцевые; 2 — олигомиктовые; 3 — аркозовые; 4 — полевошпатовые; 5 — кварцевые граувакки; 6 — полевошпатовые граувакки; 7 — собственно граувакки

невато-серого с вишневым оттенком в основании пачки до серого и светло-серого вверх по разрезу. Пачка состоит из двух циклитов:

— 1-й циклит (1,82 м) сложен преимущественно крупнозернистыми алевролитами нижнего эц. Они содержат примесь гальки с размерами от 1×1 до 3,5×2 см и гравия с диаметром 2—3 мм. Грубообломочный материал представлен катаклизированным кварцем и измененными породами коры выветривания. Текстурные разности алевролитов — горизонтальные и косолинзовидные — переслаиваются через 0,15—0,7 м. Разности с горизонтальными текстурами содержат на плоскостях напластования отпечатки стволов кустарниковых растений и листьев, углефицированный детрит, нередко пиритизированный. Текстуры нарушены ходами илоедов и следами оползания осадка, на поверхностях слоев наблюдаются карманообразные врезы. Алевролиты по составу относятся к кварцево-граувакковым разностям с поровым полиминеральным глинистым цементом (до 30%). Верхний эц (0,12 м) — аргиллиты с горизонтальной слоистостью, они залегают по ровной четкой границе;

— 2-й циклит (0,38 м) является редуцированным, представлен сероцветными кварцево-граувакковыми алевролитами.

II пачка мощностью 1,7 м состоит из двух циклитов:

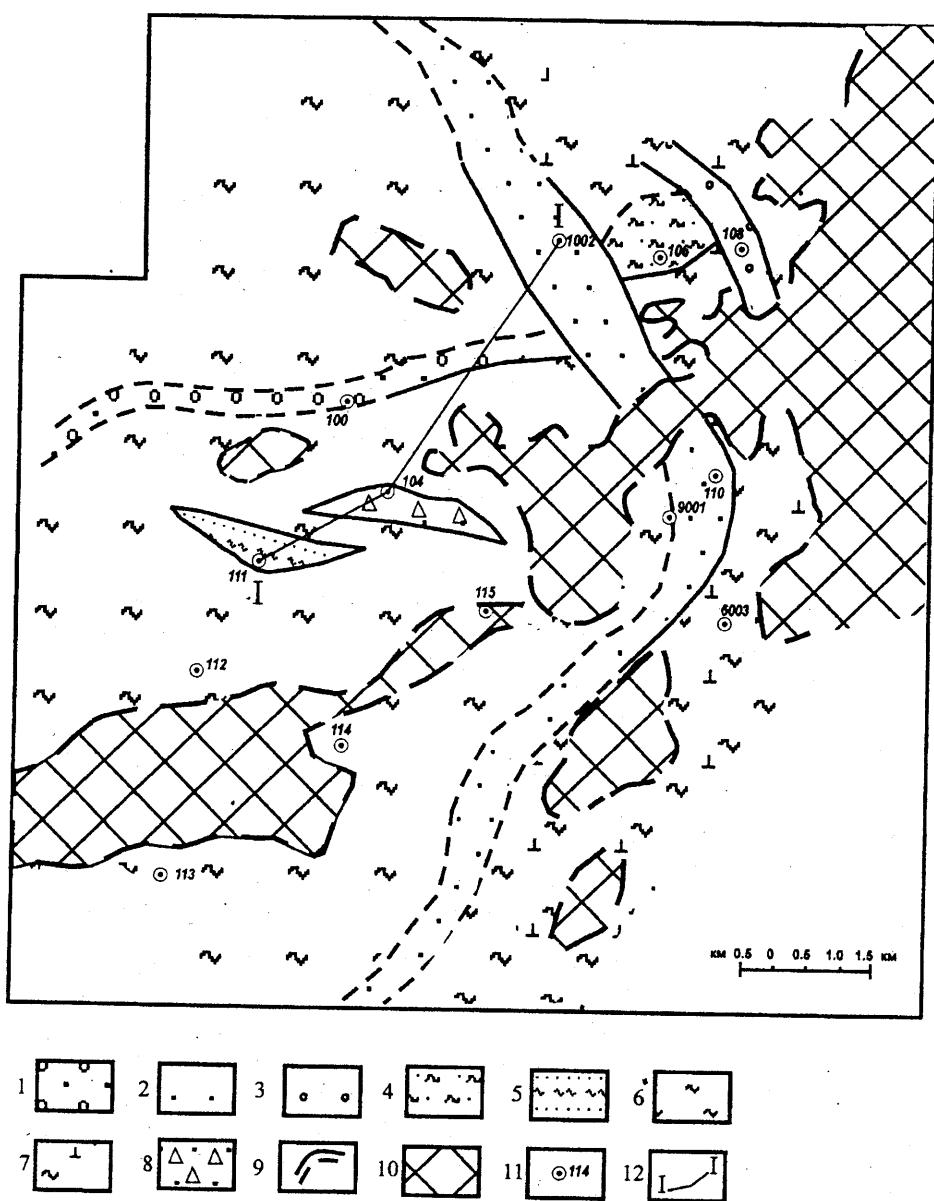


Рис. 4. Схема литофаций и песчанистости пласта Ю₁²: 1–8 — литофации с учетом песчанистости (Π , %): 1 — гравийно-песчаная ($\Pi > 80\%$), 2 — существенно песчаная ($\Pi > 80\%$), 3 — песчаная ($\Pi = 50\%–80\%$), 4 — алевропесчаная (Π до 50%), 5 — песчано-алевритовая (Π до 30%), 6 — алевритовая (Π до 20%), 7 — карбонатно-терригенная ($\Pi = 15\%–20\%$), 8 — грубообломочная (Π до 10%); 9 — границы литофаций (сплошные линии — установленные, штриховые — предполагаемые); 10 — участки отсутствия отложений пласта Ю₁²; 11 — скважины; 12 — линия сопоставления отложений пласта Ю₁²

— в основании 1-го из них залегают светло-серые мелкозернистые песчаники и алевролиты (0,23 м) с линзовидно-косослоистой текстурой; средний и верхний эц (0,55 и 0,22 м соответственно) представлены алевролитово-глинистыми и глинисто-алевролитовыми биотурбированными ритмитами;

— 2-й циклит (0,55 м). Нижний эц (0,05 м) — песчаники бурые, мелкозернистые. Верхний эц (вскрыто 0,5 м) — глинисто-алевролитовые ритмиты линзовидные, биотурбированные, налегают на песчаники по резкому неровному контакту.

В восточной части площади распространены существенно песчаная, алевропесчаная, песчаная и карбонатно-терригенная литофации (рис. 4).

Существенно песчаная литофаия ($\Pi=90\%–100\%$) связана с формированием прирусловых и приустьевых валов и прослеживается в виде прерывистой полосы с севера от скважины 1002 на юг-юго-восток к скважинам 110 и 9001.

В скважине 1002 песчаная литофаия полигенных валов не-равномерно охарактеризована керном на глубинах залегания пласта от 2171,1 до 2183,1 м. Снизу вверх прослежено 5 пачек.

I пачка (0,9 м) представлена двумя редуцированными циклитами:

— 1-й циклит (0,1 м) сложен серыми мелкозернистыми песчаниками, расслоенными через 1,5–2 см горизонтальными линзочками и волнистыми слойками темно-серых алевролитов толщиной 0,1–0,15 см. От почвенного горизонта в кровле тюменской свиты и от вышележащего циклита эти сероцветные песчаники отделяются по резким неровным границам со следами эрозионных врезов;

— 2-й циклит (0,8 м) представлен перекрестными косослоистыми сериями коричневато-серых среднезернистых песчаников и гравелитов.

Песчаники I пачки олигомиктовые, средне и хорошо отсортированы, малоцементные, со значительной долей межзерновых пор с размерами 0,1–0,2 мм. Контакты между зернами прямолинейные и конформные. Первичный цемент в количестве не более 10% (реже 15%) представлен хорошо окристаллизованным каолинитом, иногда с примесью хлорита. В качестве поздних генераций цемента можно рассматривать битум, который, как и пирит, не только заполняет поры, но также пропитывает глинистый цемент и корродирует обломочные зерна. Это типично для битумной зоны, формирующейся при подтягивании водонефтяного контакта вверх вследствие естественного либо техногенного разрушения залежи.

Максимальная величина $K_{\text{пр}}$ составляет 160 мД и наблюдается в гравелитах, залегающих в кровле этой пачки. Проницаемость пород ниже кровли значительно меньше вследствие заполнения пор битумом и пиритом и изменяется от 3,5 до 23 мД.

II пачка вскрытой мощностью 4 м состоит из пяти песчаных циклитов, сформировавших приустьевой вал. Его нижняя часть образовалась в наземных условиях, а верхняя — в подводных и несет следы воздействия русловых проток. В кровле распространены отложения зарастающего наземного прируслового вала.

Толщина циклитов по мере возрастания степени их мористости увеличивается снизу вверх по разрезу от 0,5 до 1,1 м. Слагающие их бурые песчаники обладают косослоистыми однонаправленными, перекрестными и мульдообразными текстурами. Иногда в верхней части циклитов прослеживается линзовидная слоистость, характерная для вершин прирусловых валов. Блестящие черные и коричневато-черные битумные пленки толщиной 1—3 мм наблюдаются на горизонтальных и слабонаклонных сколах керна через неравномерные промежутки от нескольких сантиметров до 30 см и более, маркируя стабилизацию перемещающегося водонефтяного контакта (рис. 5).

Песчаники II пачки средне- и мелкозернистые, очень хорошо отсортированы, по составу олигомиктовые. Они отличаются появлением в их составе примеси вулканомиктового материала, представленного ожелезненными и карбонатизированными фрагментами эфузивов среднего состава, а также усилением регенерации зерен кварца. Есть изменения и в составе цемента, в котором присутствуют гидрослюды и гидрослюдисто-монтмориллонитовые минералы.

В породах наблюдаются свободные поры с диаметром 0,1—0,3 мм, составляющие до 10% от площади шлифа. $\Pi_{\text{от}}$ песчаников II пачки составляет 14—23,3%, $K_{\text{пр}}$ — от 0,7 до 1475 мД. Наиболее высокой проницаемостью обладают песчаники подводного приустьевого вала. $K_{\text{пр}}$ минимален для отложений вершинной части зарастающего прируслового вала, образования которого залегают в кровле описанной пачки.

III пачка (1,5 м) состоит из трех песчаных циклитов двухчленного строения, слагающих тело прируслового наземного вала, осложненного русловым врезом в его верхней части. Толщина циклитов возрастает снизу вверх от 0,37 до 0,72 м. В их основании залегают мелкозернистые сероцветные песчаники, в верхней части — подчиненные по толщине алевролиты; 2-й циклит редуцирован и представлен только частично размытым песчаным элементом. Мульдообразные и волнистые текстуры пород нарушены корневыми системами, следами оползания и синседиментационного переотложения.

В составе олигомиктовых обломочных пород отмечен кварц с многочисленными газово-жидкими и рудными включениями, среди плагиоклазов часто наблюдаются зерна, замещенные серицитом либо соссюритизированные. В отдельных прослоях количество полиминерального глинистого цемента увеличивается до 15%. В зависимости от этого $\Pi_{\text{от}}$ варьирует от 10,5% в глинистых разностях до 21,6% в малоцементных песчаниках, $K_{\text{пр}}$ которых достигает 551 мД, что

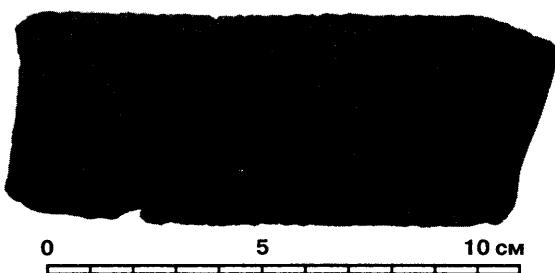


Рис. 5. Нефтенасыщенные песчаники приустьевого наземного вала с пленкой битума на плоскости напластования, скважина 1002, глубина кровли образца 2181,17 м

характерно для отложений нижней части прируслового вала. В вышележащих образованиях $K_{\text{пр}}$ не превышает 12 мД.

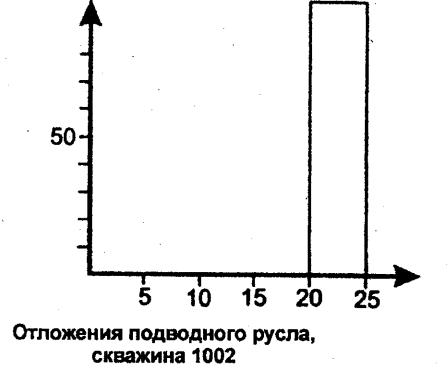
IV пачка (0,77 м) состоит из одного циклита с неровными верхним и нижним контактами, осложненными эрозионными врезами. Нижний гравийный эц соответствует обстановке накопления приустьевого наземного вала. Верхний эц сложен конглобрекциями, сформированными под действием промывающей вал протоки. Цвет этих отложений буровато-серый, текстуры перекрестно-косослоистые. Размер гравийных окатанных и полуокатанных зерен составляет 1—1,5 мм, они представлены кварцитами (60%) и кварцем (30%). Заполнителем служит песчаный мелкозернистый и глинистый материал, составляющий суммарно до 10—15%. Заполнитель частично пиритизирован. В брекциях помимо аналогичных по составу зерен и заполнителя присутствуют обломки кремнисто-серийтовых выветрелых пород, синседиментационные окатыши и угловатые фрагменты глинисто-алевритового состава диаметром до 2 см.

Открытая пористость грубообломочных пород варьирует незначительно — от 11,3 до 15,9%, $K_{\text{пр}}$ — от 13 до 36 мД.

V пачка вскрытой мощностью 2,4 м состоит из окрашенных в бурый цвет существенно песчаных накоплений наземного прируслового вала, перекрытого частично песчано-алевритовыми отложениями его подводного аналога.

Для отложений наземного вала характерны нарушенные корнями растений косослоистые и линзовидные текстуры. В составе обломочных пород все большую роль играют вулканомиктовые компоненты, и в кровле пачки отмечаются их карбонатизированные и хлоритизированные остроугольные фрагменты. Глубинный уровень появления дополнительной вулканокластики фиксируется снижением пористости от 19—23,5% в нижней половине пачки до 14—7% в ее верхней части. $K_{\text{пр}}$ также уменьшается от 30—538 до 11—13 мД и до десятых долей миллидарси соответственно.

На примере различных генетических типов отложений, вскрытых скважиной 1002, установлено, что наибольшая однородность открытой пористости характерна для коллекторов, которые формировались в



протоке подводной дельты. Наибольший разброс значений $\Pi_{\text{от}}$ наблюдается для образований прируслового вала в наземной части дельты (рис. 6). Оптимальными коллекторскими свойствами обладают песчаники приустьевого вала в зоне переменных континентальных и бассейновых обстановок седиментации. Дебит нефти из таких песчаников превышает 100 т/сут.

В скважине 9001 (интервал 2103,8–2109,2 м) на дезинтегрированных кремнисто-серизитовых белесых породах доюрской коры выветривания залегают по косо ориентированному неровному контакту несцементированные дресвяники (0,02 м) делювиального генезиса с размерами обломков до 1,5 см. Обломки представлены кремнисто-серизитовыми породами, кварцитами и кварцем. Участками заполнителем является лимонит. Аутигенные кристаллы пирита с размерами 0,05 мм образуют вкрапления (до 15%). Трещины в обломках заполнены каолинитом.

Выше фрагментарно, с большими пропусками в отборе керна вскрыты песчаные образования, обла-

Рис. 6. Гистограммы распределения открытой пористости ($\Pi_{\text{от}}$) в песчаниках различных генетических типов, скважина 1002

дающие признаками, характерными для обстановок формирования приустьевых наземных валов. В них наблюдаются разноравленная косая слоистость и углефицированные растительные фрагменты длиной до 1,5 см.

Песчаники мелкозернистые, с гравием (до 20%), среднеотсортированы, по составу относятся к кварцевым грауваккам (рис. 3). Цемент преимущественно карбонатный поровый, составляет до 10–15%. Нередко карбонаты выщелочены и образовавшиеся пустоты не заполнены. Пленки гидрослюды и каолинита имеют подчиненное значение.

Выше описаны серые и зеленовато-серые мелкозернистые песчаники со сложной косой разноравленной слоистостью (вскрыта толщина 0,85 м). На плоскостях напластования отмечается обилие углефицированных растительных стеблей. Цемента в песчаниках менее 10%, он гидрослюдисто-каолинитовый, пленочно-порового типа, распределен неравномерно. В виде пятен наблюдается также регенерационный кварцевый цемент. Остаточный битум и связанный с ним пирит иногда выполняют роль порового цемента. Встречаются поры выщелачивания с остатками некогда заполнявшего их кальцита.

В интервале 2098,6–2093,5 м с большим пропуском в отборе керна описаны песчаники вскрытой мощностью 0,5 м. Они мелко-среднезернистые, часто содержат значительное количество гравия, их цвет серый, зеленовато-серый, белесый. Среди текстур преобладают линзовидно-косослоистая и мульдообразная.

В самой верхней части пачки встречены белесые мелкозернистые, плохо отсортированные песчаники со значительным содержанием угловатых крупнопесчаных и гравийных зерен. В составе этих песчаников увеличивается количество обломков пород, появляются фрагменты измененных эфузивов, возрастает количество полевых шпатов. Цемент (15%) представлен доломитом и полиминеральным глинистым веществом, которое образует пленки вокруг зерен и заполняет поры.

Алевропесчаная литофафия ($\Pi=40-50\%$) выделена в скважине 106, где в продуктивном интервале 2112–2118,7 м, охарактеризованном 5,4 м керна, снизу вверх прослеживаются две пачки.

I пачка вскрытой мощностью 1,1 м представлена крупным циклитом, сложенным зеленовато-серыми песчано-алевролитовыми косослоистыми ритмитами и серыми крупнозернистыми алевролитами, содержащими углефицированные обломки древесины и рассеянный гравий.

Алевролиты образуют нижний эц (0,1 м) и характеризуются косой клиновидной слоистостью с углами наклона слойков к горизонту около 30° . Алевролиты кварцево-грауваккового состава слабо опесчанены, хорошо отсортированы, их зерна полу- и хорошо окатаны, между ними преобладают контакты точечные и тангенциальные. Равномерный пленочно-поровый первичный цемент гидрослюдисто-хлоритового состава не превышает 5%. Он импрегнирован "сыпью" аутигенного кальцита. Пленки битумов и обособления в порах пирита формируют вторичный пятнисто распределенный цемент.

Песчано-алевролитовые ритмиты, содержащие гравийную примесь и включения углефицированного растительного детрита, слагают верхний эц (1 м). Они обладают линзовидной косой слоистостью.

II пачка вскрытой мощностью 4,4 м сложена двухчленными песчано-алевролитовыми циклитами, толщина которых варьирует от 0,2 до 1,2 м. Породы в основном сероцветные, в двух верхних циклитах бурые. Их нижние элементы представлены мелкозернистыми песчаниками, верхние элементы — крупнозернистыми алевролитами. Текстуры пород косослоистые, иногда с характерными знаками симметричной ряби, с амплитудой 1–1,5 см и следами протоковых врезов. Встречаются текстуры, нарушенные синседиментационным оползанием либо биотурбацией. По всему керну рассеяны гравий диаметром 2–3 мм, ожелезненные обломки белемнитов гравийно-мелкогалечной размерности и фрагменты растительного детрита. Отмечаются текстуры, нарушенные ходами илоедов.

Верхняя часть этой пачки характеризуется увеличением роли песчаников, среди которых преобладают белесо-серые мелкозернистые кварцево-граувакковые разности. Песчаники обычно содержат примесь гравия, средне и хорошо отсортированы, зерна полуокатаны. Вверх по разрезу отмечается увеличение коли-

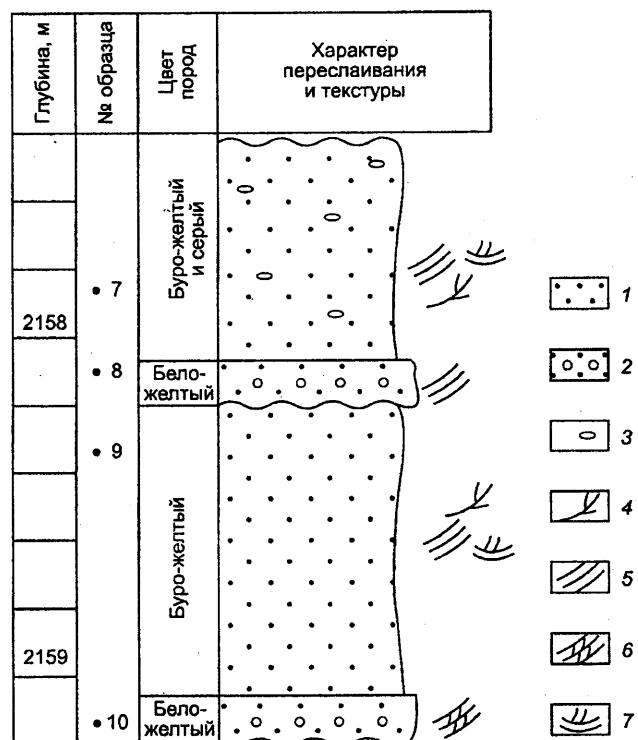


Рис. 7. Цикличность отложений приустьевого подводного вала, периодически промываемого протоками (фрагмент строения пласта Ю₁² в скважине 108): 1 — песчаники; 2 — песчано-гравийные породы; 3 — примесь гравия в песчаниках; 4 — углефицированный растительный детрит; 5—7 — текстуры: 5—6 — косослоистые (5 — параллельные, 6 — с чередованием срезанных серий), 7 — мульдообразные

чества угловатых зерен и изменение состава песчаников на полевошпатово-граувакковый. В таких разностях присутствуют обломки створок моллюсков и фрагменты белемнитов. Цемент в песчаниках порового, пленочно-порового типа, содержание его составляет 10–20%. По составу он преимущественно глинистый и карбонатный аутигенный, реже наблюдается пирит. Иногда в роли цемента выступает битум.

Полевошпатово-граувакковые крупнозернистые алевролиты, а также мелко- и разнозернистые песчаники в верхней части пачки имеют бурый цвет, содержат многочисленные фрагменты углефицированных стеблей, иногда занимающих вертикальное положение в керне. Вблизи стеблей текстуры нарушены наиболее сильно, в том числе отмечаются следы оползания. Характерна пятнистая окраска вследствие неравномерного распределения битума между фрагментами взломанного осадка. Цемент в этих песчаниках и алевролитах аналогичен типу, охарактеризованному выше для кварцево-граувакковых разностей.

Открытая пористость алевролитов варьирует от 7,6 до 14,4%, проницаемость не превышает десятых долей миллидарси.

Песчаная литофафия ($\Pi=50-80\%$) охарактеризована в интервале 2155,5–2160 м скважины 108, где присутствует продуктивная пачка двухчленных циклитов с суммарной вскрытой мощностью 4,2 м. Нижние эц гравийные или гравийно-песчаные, их толщи-

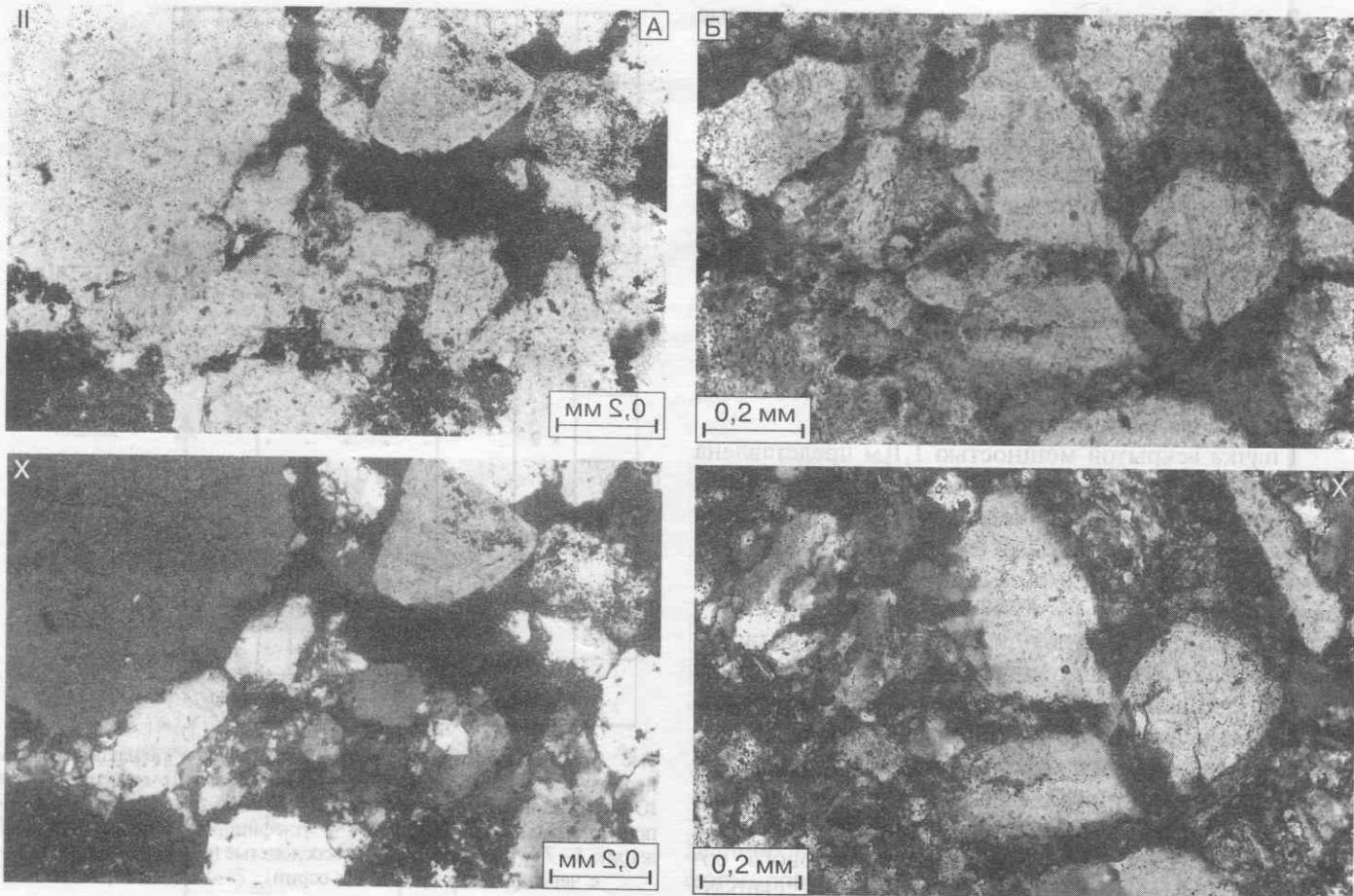


Рис. 8. Продуктивные олигомиктовые песчаники пласта Ю₁². Скважина 108, интервал 2155,5–2160 м: А — поры, заполненные битумом (образец 10 в 3,56 м от начала керна), Б — поровый каолинитовый цемент, пропитанный нефтью (образец 9 в 2,86 м от начала керна). Вверху николи параллельны, внизу скрещены

на составляет 0,04–0,15 м, верхние элементы толщиной 0,1–0,9 м построены песчаниками (рис. 7). Породы имеют желтый либо серый цвет с различными оттенками — от белых до бурых в зависимости от степени нефтенасыщения. Наиболее сильно насыщена нефтью нижняя часть пачки. На разных глубинных уровнях в песчаниках отмечаются черные и буро-черные блестящие пленки битума толщиной до 3 мм.

Песчаники мелко- и среднезернистые, хорошо и среднеотсортированы, обладают разнообразными конослоистыми текстурами — односторонне направленными, перекрестными, линзовидными, мульдообразными. Состав обломочных пород характеризуется тенденцией к изменению снизу вверх от олигомиктового до кварцево-грауваккового. Состав цемента так же не остается постоянным: в низах пачки он смешанный — глинистый, частично кварцевый регенерационный и пиритовый. Пирит нередко образует микроконкремции диаметром до 0,8 мм. Иногда битум заполняет поры либо пропитывает каолинитовый цемент (рис. 8, А, Б). В верхней части разреза появляется карбонатный цемент. Его количество обычно не превышает 10–15%, вблизи кровли количество карбонатов в цементе составляет до 20%, на отдельных участках карбонаты образуют микроконкремционные стяжения.

Физические свойства олигомиктовых песчаников, распространенных в нижней половине пачки, зависят от их структуры и характера цемента: $\Pi_{\text{от}}$ изменяется от 8 до 24%, $K_{\text{пр}}$ варьирует в большом диапазоне — от нескольких единиц миллидарси до 700 мД. В кварцевых граувакках верхней части разреза при значимых величинах открытой пористости (8–17%) $K_{\text{пр}}$ не превышает 0,9 мД.

Карбонатно-терригенная литология ($\Pi=15$ –20%) охарактеризована в скважине 6003 (интервал 2153,65–2157,15 м), где описана пачка сероцветных циклитов, залегающая на породах тюменской свиты по неровной границе со следами размыва.

Пачка мощностью 2,8 м состоит из четырех циклитов. Вверх по разрезу их толщина увеличивается от 0,3 до 1,1 м. Состав нижних элементов изменяется от гравийно-песчаного до алевритового и происходит выполнаживание косой слоистости. Верхние эц представлены глинисто-алевролитовыми ритмитами, степень карбонатности которых увеличивается вверх по разрезу, где встречаются обломки белемнитов и фрагменты неопределенной фауны.

Среди песчаников и алевролитов преобладают кварцево-граувакковые разности. Цемент в них смешанный — глинистый и карбонатный, по типу базально-поровый, его количество достигает 20–30%.

Среди карбонатов установлен сидерит. Иногда отмечаются участки его выщелачивания. Алевролиты нередко пиритизированы. Значения пористости алевритовых пород варьируют от 7,6 до 14,4%, проницаемость не превышает десятых долей миллидарси.

Обстановки седиментации

Позднеюрская седиментация проходила в условиях аридизации климата, о чем свидетельствуют такие признаки, как появление бурых, желтых, пестрых окрасок отложений, увеличение степени их полимиктовости и карбонатности вверх по разрезу. Характер цикличности, текстур, структур и литофаций позволяет выделить обстановки осадконакопления в зонах наземной и подводной дельты (рис. 9).

Наземная часть дельты находилась в западной части площади с достаточно расчлененным палеорельефом, где описаны грубообломочная, гравийно-песчаная, песчано-алевритовая и алевритовая литофации.

Русловому аллювию соответствуют грубообломочная и гравийно-песчаная литофации. Циклическое строение грубого аллювия обусловлено чередованием брекчий и конглобрекчий, возникших при обрушении в русло реки и частично переработанных в водном потоке коренных пород берега, который состоял из разнородных образований коры выветривания и переотложенных аллювиальных образований тюменской свиты. Обломки осадочных пород этой свиты слагают обычно гравийные части циклитов (скважина 104). Гравийно-песчаные русловые циклиты встречены северо-западнее, в скважине 100. Они сложены хорошо отсортированным обломочным материалом с односторонней косой слоистостью и включениями углефицированного растительного детрита, породы практически бесцементны (скважина 100). Отложения прирусовых валов представлены песчано-алевритовыми циклитами, обладающими характерными текстурами (скважина 111), в межрусовых участках распространены алевролиты и глинистые породы с горизонтальной и линзовидной слоистостью, содержащие рассеянный грубообломочный материал и обломки углефицированной древесины (скважина 114).

Дельта, периодически заливаемая морскими водами, построена песчаными валами, осложненными эрозионными врезами промывавших их проток (скважины 1002, 9001, 110). Эти песчаные тела дугообразно окаймляют зону наземной дельты.

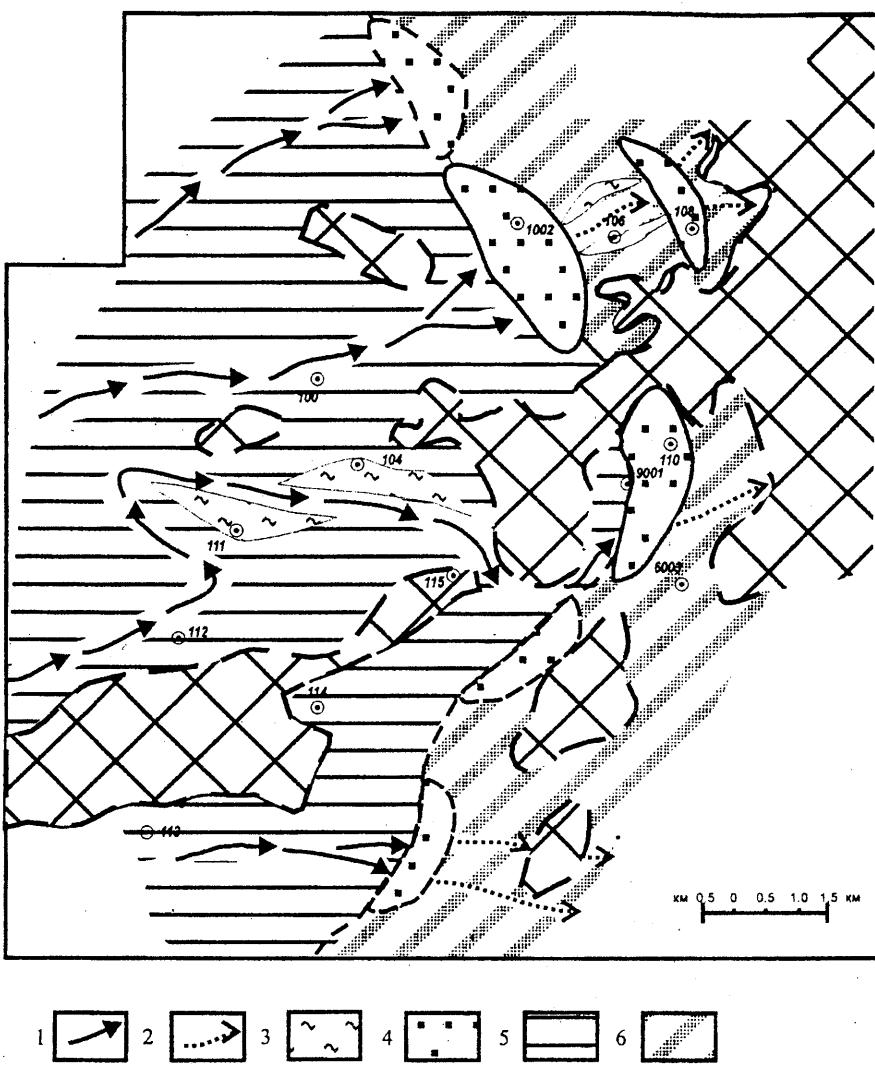


Рис. 9. Схема обстановок седиментации пласта Ю_1^2 : 1–2 — русла (1 — наземные, 2 — подводные); 3 — прирусловые валы; 4 — приустьевые валы; 5 — межрусовые участки; 6 — лагуны. Остальные знаки см. на рис. 4

Подводная дельта охарактеризована на северо-востоке Потанайской площади, где образовались песчаные валы, содержащие включения фрагментов фауны (скважины 106, 108). Вероятно, перед приемным бассейном были лагуны, в которых формировались карбонатно-терригенные отложения, подобные описанным в скважине 6003.

Выводы. 1. Процессы седиментогенеза в дельтовой системе — ведущий фактор распределения пород-коллекторов пласта Ю_1^2 на Потанайской площади.

2. Оптимальными коллекторскими свойствами обладают олигомиктовые и кварцево-граувакковые песчаники прирусловых и приустьевых валов в подводной и в периодически заливаемой морскими водами частях дельты.

3. Наиболее перспективные аккумулятивные тела, рекомендуемые для доразведки, расположены в восточной части площади, где они образуют дугообразную зону прерывистых песчаных линз субмеридионального простирания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ботвинкина Л.Н., Алексеев В.П. Цикличность осадочных толщ и методика их изучения. Свердловск, 1991.
2. Вассоевич Н.Б. Уточнение понятий и терминов, связанных с осадочными циклами, стадийностью литогенеза и нефтегазообразования // Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М., 1977. С. 34—58.
3. Геология и полезные ископаемые России. Т. 2. Западная Сибирь. СПб., 2000.
4. Карношина Е.Е., Коробова Н.И., Корзун А.Л. и др. Литологические исследования для локального прогноза нефтеносности (на примере продуктивных толщ Шаймского вала и Красноленинского свода Западной Сибири) //
5. Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа: Мат-лы седьмой Междунар. конф. М., 2004. С. 235—238.
6. Крашенников Г.Ф. Учение о фациях. М., 1971.
7. Обстановки осадконакопления и фации / Под ред. Х. Рединга: В 2 т. Т. 1. М., 1990.
8. Периодические процессы в геологии / Под ред. Н.В. Логвиненко. Л., 1976.
9. Шанцер Е.В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М., 1966.
10. Шванов В.Н. Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). Л., 1987.

Поступила в редакцию
24.02.2004

УДК 502:550.4(470.65)

Е.В. Пряничникова

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ГОРНОРУДНЫХ РАЙОНАХ (на примере Северной Осетии)

Горные районы — территории с особой уязвимостью к антропогенному воздействию и высоким риском экологических и техногенных катастроф. Учитывая, что Северный Кавказ обладает репрезентативными для молодых горных сооружений природными характеристиками и особой значимостью экологических проблем, участники I Международной конференции “Экологические проблемы горных территорий” (г. Владикавказ, октябрь 1992 г.) рекомендовали рассматривать Северную Осетию как оптимальный полигон для отработки новых технологий и апробации научных разработок в горной экологии.

Экологические проблемы, связанные с деятельностью горно-обогатительных комбинатов, обусловлены как составом перерабатываемых руд и горных пород, так и технологией их добычи и обогащения. К наиболее интенсивным факторам загрязнения окружающей среды вокруг горно-обогатительных комбинатов относятся стоки водоотлива из подземных горных выработок и обогатительных фабрик; дефляция поверхности и размывание дамб хвостохранилищ и отвалов “пустых” пород, образующих интенсивные потоки рассеяния в водных системах, и сравнительно локальные ореолы рассеяния в почвах.

Эколого-геохимические исследования различных природных сред проведены в горной части Северной Осетии, на территории Садонского рудного района, где поиски, разведка, добыча и переработка полиметаллических руд ведутся более 150 лет. В районе известно около 300 жильных свинцово-цинковых месторождений и рудопроявлений, большинство из которых выходит на уровень современного эрозионного среза промышленными интервалами оруденения, что

в условиях активно денудируемых районов определяет образование высококонтрастных вторичных ореолов рассеяния в современном элювио-делювии. Главные минералы руд — сфalerит, галенит, пирит, пирротин, халькопирит; второстепенные — арсенопирит, марказит. Распределение полезных компонентов неравномерно: среднее содержание Pb в руде колеблется от 0,42 до 12,8%, Zn — от 1,87 до 26,2%. Помимо основных полезных компонентов (Pb и Zn) промышленное значение в комплексе имеют Ag, Cd, In, Cu [4].

В районе широко представлены техногенные аномалии, связанные с продуктами и отходами горнорудной промышленности. Важнейшими источниками техногенного загрязнения окружающей среды в районе являются Мизурская и Фиагдонская горно-обогатительные фабрики Садонского СЦК, Унальское и Фиагдонское хвостохранилища, отвалы штолен, Транскавказская автомагистраль и др.

Унальское хвостохранилище введено в эксплуатацию в 1984 г. Оно расположено в пойме р. Ардон, в 500 м севернее с. Н. Унал. Ложем хвостохранилища служат галечники р. Ардон. Правый борт отделен от русла реки бетонной дамбой, левый достаточно близко подходит к “Транскаму”. По данным Садонского СЦК (1990), за шесть лет эксплуатации в хвостохранилище накопилось около 3 млн т хвостов, содержание в них основных рудных элементов Pb и Zn составляет около 1%, сопутствующих (Cu, Ag, Bi, Cd) — в интервале $10^{-2} \div 10^{-4}\%$ [4]. Для уменьшения процесса воздушной аэрации в летнее время используется принудительное орошение хвостохранилища, но, как правило, водой покрыто не более 50% его поверхности. С открытой части происходит дефляция сухой