

УДК [552.578.2.061.4:551.762/763.1]:[549.08+543.42](571.16)

ЛИТОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КОЛЛЕКТОРСКИЕ СВОЙСТВА НЕФТЕПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПО КЕРНУ СКВАЖИН ВОСТОК 1, 3 (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В.П. Девятков, Е.А. Предтеченская, Г.Г. Сысолова

ФГУП «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья», г. Новосибирск
E-mail: geology@sniiggims.ru

Приведена детальная литолого-минералогическая характеристика нижнемеловых и юрских отложений по керну скважин Восток-1 и Восток-3 с использованием комплекса ГИС, результатов испытаний, методов анализа: макроскопического, палеонтологического, петрографического, рентгеноструктурного, люминесцентного, петрофизического и др. Сделаны выводы о строении, вещественном составе отложений, источниках сноса обломочного материала, коллекторских свойствах пород.

Ключевые слова:*Литология, минералогия, коллекторы, флюидоупоры, нефтегазоносность, мезозой, Западная Сибирь, Томская область.***Key words:***Lithology, mineralogy, oil-reservoir rocks, covers, oil and gas prospecting, Mesozoic age, West Siberia, Tomsk region.*

Юго-восточные районы Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции относятся к наименее изученным в геологическом отношении территориям. Параметрические скважины Восток 1, 3, восполняющие этот пробел в знаниях о строении мезозойского осадочного чехла, расположены на востоке Томской области. По фациальному районированию юрских отложений территория относится к Ажарминскому району, нижнемеловых – к Елогуйскому и Чулымо-Енисейскому районам [1, 2].

В статье впервые представлены результаты детальных литолого-минералогических и петрофизических исследований керна, выполненных в ФГУП «СНИИГГиМС», г. Новосибирск, а также в лабораториях ИНГГ СО РАН, ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК». Семейства песчаников даны по классификации В.Д. Шутова [3]. При расчленении и корреляции разрезов использовалась унифицированная стратиграфическая схема, принятая МСК в 2004 г. [4].

Юрские отложения, с глубоким стратиграфическим несогласием залегающие на пестроцветной терригенно-карбонатной формации верхнего кембрия, в скважине Восток-1 вскрыты на глубине 2195...2766,3 м, в скважине Восток-3 – в интервале 2405...3392 м. Рассмотрены состав и строение нижнеюрских отложений: шараповского (верхней подсвиты урманской свиты), китербютского (тогурской свиты) горизонтов по керну скважины Восток-3; ниже- и среднеюрских отложений: надояхского (нижней подсвиты пешковской свиты) и вымского (нижней подсвиты тюменской свиты) горизонтов, вскрытых скважинами Восток 1, 3; средне-верхнеюрских отложений васюганского горизонта (наунакской свиты) по керну скважин Восток 1, 3. В составе верхнеюрско-нижнемеловых отложений детально изучены породы баженовского горизонта (марьяновской свиты) по керну скважин Восток 1, 3 (рис. 1, 2).

Нижнемеловой разрез в скважине Восток-1 типичен для Елогуйского района, в скважине Восток-

3 – для Чулымо-Енисейского района. В составе нижнемеловых отложений в скважине Восток-1 выделяются и детально изучены верхняя часть марьяновской, елогуйская и вартовская свиты (рис. 2). В разрезе скважины Восток-3 выделяется только илекская свита (куломзинский-алымский горизонты).

На основании проведенных исследований установлено следующее. Нижнемеловые, верхне- и среднеюрские песчаники и алевролиты в изученных разрезах имеют, в основном, субаркозовый состав. С ростом глубины залегания, начиная с 2614 м в скважине Восток-1 и 3160 м – в скважине Восток-3 (на уровне средней части надояхского горизонта) происходит смена вещественного состава пород с аркозового на граувакковый, что сопровождается резким уменьшением содержания кварца, ростом количества обломков метаморфических и эффузивных пород, резким снижением пористости и проницаемости.

Сверху вниз по разрезу изменяется также состав цемента пород. В песчано-алевритовых породах нижнего мела (елогуйская, илекская свиты) преобладают седиментационно-диагенетические цементы гидрослюда-хлоритового состава с подчиненным количеством каолинита и смектита (доминируют хлорит и диоктаэдрическая мусковитоподобная гидрослюда политипа 2M₁). В составе цемента пород верхнеюрского возраста присутствуют хлорит, гидрослюда и иллит-смектит примерно в равных пропорциях. Содержание смектитовых пакетов повышено. Смешаннослойные образования содержат монтмориллонит. Для пород характерны признаки нефтенасыщения. При переходе от верхне- к среднеюрским отложениям состав цемента пород изменяется с гидрослюда-хлоритового и хлорит-гидрослюдистого на каолинит-гидрослюдистый с примесью хлорита и почти полным отсутствием пакетов иллит-смектита. Это связано с повышением доли континентальных фаций в составе отложений. Для

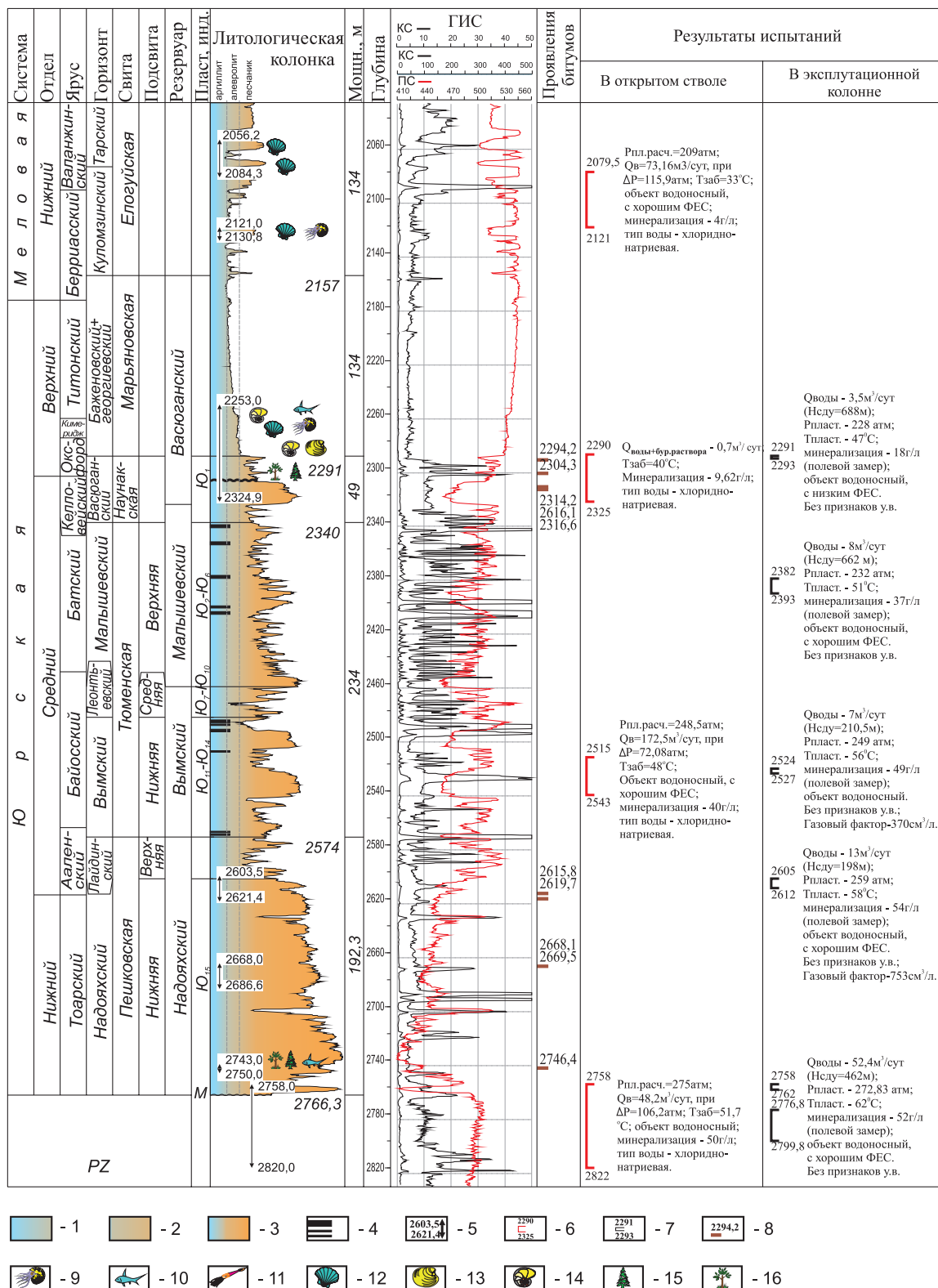


Рис. 1. Литолого-минералогическая характеристика юрско-нижнемеловых отложений, вскрытых скважиной Восток-1 (Составители: В.П. Девятков, Г.Г. Сысолова).

Основные обозначения и подписи: 1 – аргиллиты; 2 – алевролиты; 3 – песчанники; 4 – прослои углей и углистых пород; 5 – интервалы отбора керна; 6 – интервалы испытаний ИП; 7 – интервалы испытаний в эксплуатационной колонне; 8 – проявления битумов (в шлифах); 9 – аммониты; 10 – рыбы; 11 – белемниты; 12 – морские моллюски; 13 – брахиоподы; 14 – фораминиферы; 15 – хвойные; 16 – гинкгофиты. Сокращения: $P_{пл.расч.}$ – давление пластовое расчетное; Q_v – дебит воды; P – пластовое давление; $T_{заб.}$ – пластовая температура (при забое скважины); $H_{гид.}$ – динамический уровень; ФЕС – фильтрационно-емкостные свойства

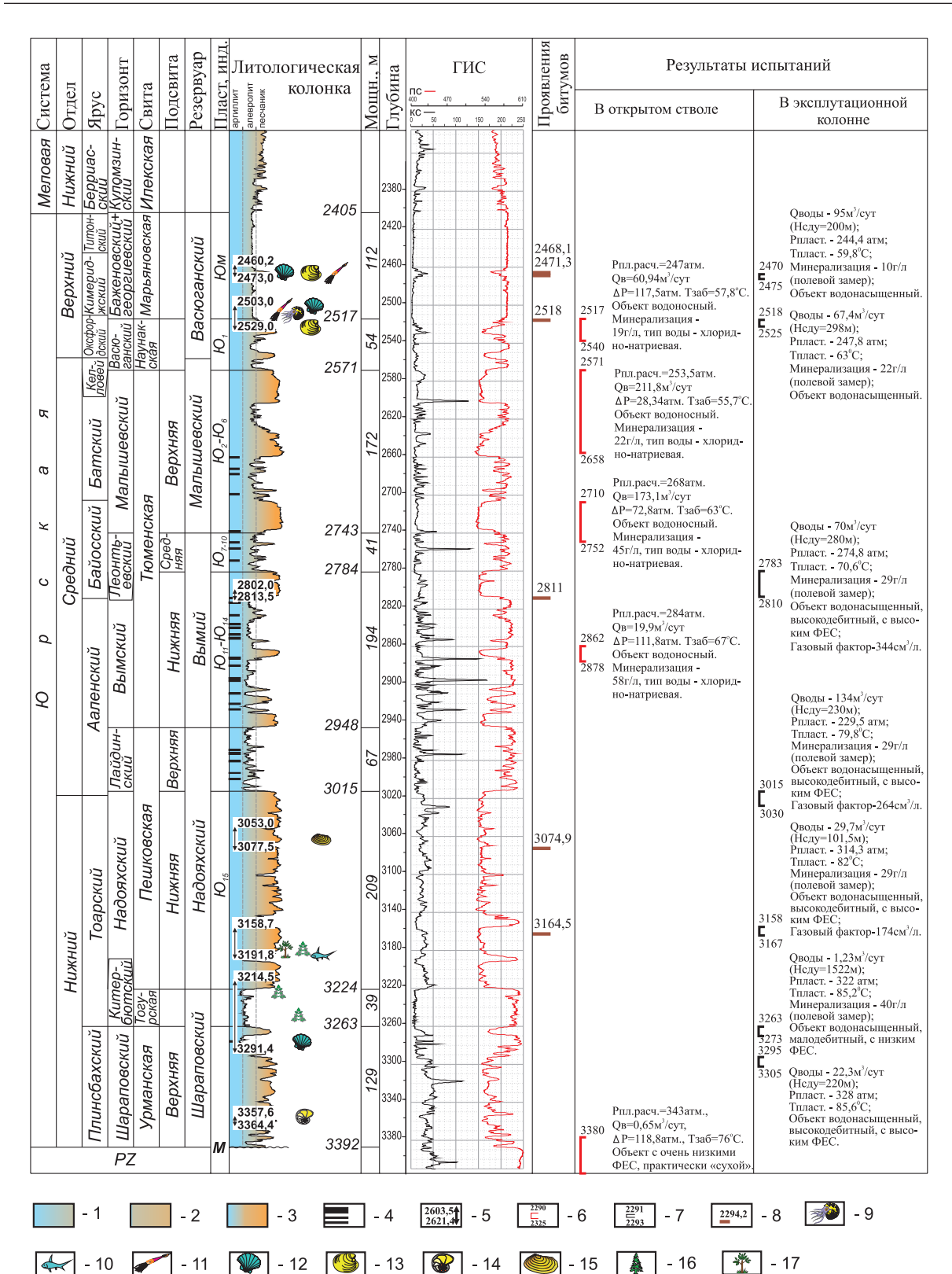


Рис. 2. Литолого-минералогическая характеристика юрско-нижнемеловых отложений, вскрытых скважиной Восток-3 (Составители: В.П. Деятов, Е.А. Предтеченская).

Основные обозначения к рис. 2 и подрисовочные подписи: 1 – аргиллиты; 2 – алевролиты; 3 – песчаники; 4 – прослои углей и углистых пород; 5 – интервалы отбора керна; 6 – интервалы испытаний ИП; 7 – интервалы испытаний в эксплуатационной колонне; 8 – проявления битумов (в шлифах); 9 – аммониты; 10 – рыбы; 11 – белемниты; 12 – морские моллюски; 13 – брахиоподы; 14 – фораминиферы; 15 – солоновато-водные моллюски; 16 – хвойные; 17 – гинкгофиты.

Сокращения: $P_{пл.расч.}$ – давление пластовое расчетное; $Q_в$ – дебит воды; P – пластовое давление; $T_{заб.}$ – пластовая температура (при забое скважины); $H_{дин.}$ – динамический уровень; ФЕС – фильтрационно-емкостные свойства

цементов песчаников урманской свиты характерно резкое повышение содержания углистого материала и сидерита. Вместе с ростом углистости снижается степень битуминозности пород.

На основании минеральных и структурных индикаторов [5, 6] установлено, что отложения нижнеюрских песчаных горизонтов находятся в начальной подзоне зоны глубинного катагенеза K_3 , в то время как средне- и верхнеюрские песчаники и алевролиты — в нижней подзоне зоны среднего катагенеза K_2 , нижнемеловые отложения не вышли из зоны среднего катагенеза. В изученных скважинах признаки влияния наложенных гидротермальных процессов выражены слабо.

Установлено, что на границе поздней и средней юры произошла смена комплекса тяжелых акцессориев (появление больших количеств биотита и граната) в связи с резким изменением динамики среды осадконакопления и оживлением тектонической активности на континентальной суше в позднеюрское время, т. к. местные гранитные выступы фундамента к концу бата были уже сnivelированы.

В сводном мезозойском разрезе (снизу вверх) можно выделить пять крупных комплексов акцессорных минералов:

- а) **биотит, нерудные непрозрачные — гранат-циркон-турмалин-апатитовый**, характерный для отложений шараповского и низов надояхского горизонта, которые накапливались при активизации процессов выветривания в районах южного и юго-восточного обрамления плиты (Восточные Саяны, Салаир, Енисейский кряж). Число доминант — 6. Комплекс характерен также для прилегающих районов Чулымо-Енисейской зоны. Возможно, источником биотита служили также гранитные выступы фундамента, расположенные южнее района работ.
- б) **биотит-нерудные непрозрачные — гранат-циркон-турмалин-магнетит-пиритовый**, характерный для средней и верхней частей надояхского и вымского горизонтов (без апатита). Источники сноса те же. Большое число доминант (7) и большое разнообразие состава тяжелых акцессориев свидетельствуют об очень высокой интенсивности процессов выветривания на континентальной суше и об относительной близости береговой линии морского бассейна при осадконакоплении в тоар — ранне-ааленское время.
- в) **биотит-гранат-цирконовый** с турмалином, магнетитом, пиритом, эпидотом, сфеном. Число доминант — 3–4. Комплекс характерен для верхнеюрских отложений наунакской свиты. Снижение числа доминант свидетельствует о возрастании мористости отложений, по сравнению со среднеюрским временем. Резкое обогащение пород свежим бурым биотитом — механически и химически-неустойчивым минералом — связано с высокой скоростью захороне-

ния осадков вследствие эрозии обнажившихся коренных метаморфических и изверженных пород в районах южного и юго-восточного обрамления плиты в результате усиления тектонической активности на рубеже средней-верхней юры [1].

- г) **преимущественно турмалин-цирконовый** с магнетитом, гранатом и сфеном, характерный для пород марьяновской свиты. Как и в породах наунакской свиты, число доминант — 3–4. Это свидетельствует о возрастании глубины бассейна седиментации и понижении гидродинамической активности в его пределах, слабом выветривании в областях сноса. При накоплении осадков продолжали действовать южные и юго-восточные источники сноса обломочного материала.
- д) **эпидот-сфен-магнетитовый** с гранатом, цирконом, пиритом, нерудными непрозрачными минералами, характерный для елогуйской и илекской свит нижнего мела. Обилие эпидота и сфена свидетельствует о преимущественном участии в накоплении осадков метаморфических комплексов восточного источника сноса — Енисейского кряжа. Комплекс характерен для нижнемеловых отложений Елогуйского нефтегазосного района. По составу тяжелых акцессориев он резко отличается от верхнеюрского комплекса.

Таким образом, согласно полученным данным, можно выделить следующие рубежи резкой смены доминант тяжелой фракции пород:

- конец раннеюрской эпохи (шараповский, низы надояхского горизонтов);
- рубеж среднеюрской и позднеюрской эпох (верхи тюменской — низы наунакской свиты);
- рубеж позднеюрской и раннемеловой эпох (верхи марьяновской — низы илекской свиты).

Очевидно, что смена минеральных ассоциаций обусловлена совокупностью взаимосвязанных процессов, происходящих как в питающих областях так и в бассейне седиментации и отражает самостоятельные тектоно-седиментационные циклы последнего. Так, раннеюрская эпоха в Западной Сибири охарактеризована интенсивным расширением площади бассейна, после которой темпы прироста площади существенно снизились. Соответственно, внутренние источники питания сменились преимущественно региональными. Рубеж средне- и позднеюрской эпох охарактеризован сменой субконтинентального режима осадконакопления преимущественно морским (ракушняки в скважине Восток-3 [7]). Одновременно активизировался Сибирский кратон, что нашло отражение в субклиноформной картине сейсмической записи соответствующего сейсмокомплекса. В конце марьяновского времени наступила инициальная фаза регрессии Западно-Сибирского моря и пик тектонической активизации Средне-Сибирской питаю-

шей провинции. Примечательно, что позднеюрско-раннемеловой тектонический этап на востоке (частично на севере и западе) Западной Сибири отмечен стратиграфическими несогласиями; существует вероятность несогласия на рубеже ранней и средней юры (хиатус этого интервала отмечен на Сибирской платформе).

Концентрации биотита в данном случае, вероятно, связаны с субконтинентальным режимом бассейна и снижаются при смене граувакк аркозами — продуктами дезинтеграции гранитов, так же, как и непрозрачные нерудные минералы. Эти минералы, несомненно, являются индикаторами относительно близких источников сноса и высокой скорости седиментации [1]. Напротив, весьма устойчивые минералы характерны для морских интенсивно перемытых осадков, а их состав зависит от доминирующего источника питания.

Рост катагенетического уплотнения, изменение состава обломочной части и цемента пород с глубиной сопровождаются изменением структуры их порового пространства. Если в верхней части юрско-мелового разреза преобладают межзерновые сообщающиеся поры, то в нижней его части доминируют внутризерновые поры и трещины. В разрезе скважины Восток-3, начиная с низов надояхского горизонта (глубина 3185 м), тип коллектора сменяется с порового на трещинно-поровый, а также резко возрастает количество вторичных внутризерновых пор. Проницаемость в нижней части разреза снижается до нуля или имеет очень низкие значения. Здесь распространены коллекторы V и VI классов. Лишь в отдельных интервалах средней части надояхского горизонта резкое увеличение проницаемости (коллекторы I–II классов) связывается с процессами локального вторичного разуплотнения под воздействием CO_2 -содержащих растворов.

Для нижнемеловых отложений *елогуйской свиты* со следами миграции битумоидов по всему разрезу установлены относительно высокие коллекторские свойства пород: открытая пористость $KП_{от}=28...31\%$; проницаемость $K_{пр}=(1315...2060,6) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$, т. е. это, в основном, коллекторы I–II классов проницаемости по А.А. Ханину [7]. Наиболее высокие коллекторские свойства характерны для пород верхней части свиты. Коллекторские свойства пород илекской свиты варьируют по разрезу (коллекторы от I до VI класса). Улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС), особенно проницаемостью, обладают песчаники средней части илекской свиты на глубине 2275...2287 м.

В составе верхнеюрских отложений *наунакской свиты* (пласт Ю₁) доминируют породы-коллекторы IV и V классов проницаемости. Улучшенными коллекторскими свойствами обладают песчаники средней части свиты в скважине Восток-1 и ее верхней части до глубины 2520 м — в скважине Восток-3. В целом, коллекторские свойства пород наунакской свиты хуже, чем в породах нижнего мела.

Среднеюрские песчаники верхней части *вымского горизонта* обладают невысокими коллекторскими свойствами и относятся к коллекторам IV–V классов. В прикровельной части имеются отдельные интервалы, где коллектор улучшается до IV класса.

В составе нижнеюрских пород *надояхского горизонта* преобладают коллекторы IV класса. В нижней части разреза нижнепешковской подсвиты в скважине Восток-1 имеются признаки нефтенасыщения и отмечено улучшение коллекторских свойств пород с преобладанием коллекторов II класса. По данным опробования пласта Ю₁₀ в открытом стволе — объект водоносный с высокими дебитами и повышенными ФЕС (таблица). В скважине Восток-3 разрез четко дифференцирован по значениям ФЕС. До глубины 3185 м преобладают коллекторы IV–V классов. В интервале глубины 3150...3170 м фиксируется несколько разуплотненных интервалов с высокими значениями пористости и проницаемости (коллектор III класса). Глубже 3185 м коллекторские свойства песчаников резко ухудшаются, $KП_{от}$ падает до 9...13 %, $K_{пр}$ — до $(7...9) \cdot 10^{-15} \text{ м}^2$ (коллекторы V и VI классов). Но и на больших глубинах в разрезе имеются интервалы разуплотненных пород с улучшенными ФЕС. В нижней части надояхского горизонта в скважине Восток-3 коллекторские свойства пород значительно хуже, по сравнению с одновозрастными отложениями в скважине Восток-1, в связи с более «мусорным» составом пород, высокой степенью катагенетического уплотнения и цементации. Коллекторские свойства верхне-урманской подсвиты улучшены в ее верхней части под тогурской крышкой.

В составе верхнеюрских отложений наилучшим флюидоупором является марьяновская свита в скв. Восток-3, что подтверждается градиентом минерализации пластовых вод. В обеих скважинах в подошве марьяновской — кровле наунакской свиты отмечены следы нефтенасыщения. Экранирующие свойства тогурской свиты улучшены в ее средней и верхней частях.

Резюмируя изложенное, можно сделать следующие основные выводы.

Определены три основных рубежа смены минеральных ассоциаций пород, обусловленные совокупностью геологических процессов в питающих областях и в бассейне седиментации: заключительные этапы ранней, средней и поздней юры — раннего мела. Дальнейший анализ минеральных ассоциаций территории по разрезу и по площади, бесспорно, даст возможность определить конкретные источники питания и пути транспортировки обломочного материала, что весьма актуально при прогнозе локальных зон с улучшенными первичными коллекторскими свойствами.

В разрезе присутствуют два надежных флюидоупора — марьяновская и тогурская свиты. Экранирующие свойства других покрышек довольно низкие.

Таблица. Результаты испытания пластов в открытом стволе

Интервал, м	Пласт	ΔP , атм	Время притока, мин	Время КВД, мин	Результат испытания
Скважина Восток-1					
2079,5...2121	Б₉	118,8	10+10	15+0	При средней депрессии 114,27 атм. За 20 мин. открытого периода получено 0,08 м ³ смеси фильтрата и пластовой воды плотностью 1,05 г/см ³ . $P_{пл. расч.}=209$ атм. $Q_b=73,16$ м ³ /сут при $\Delta P=115,9$ атм. $T_{заб}=33$ °С. Объект водоносный, с хорошим ФЕС.
2290...2325	Ю ₁	133,2	12+10	20+0	За 22 мин. открытого периода при первоначальной депрессии 133 атм получено 0,7 м ³ смеси подпакерного глинистого раствора, пластовой воды и фильтрата. Считать опробованием, пласт – водоносным. $T_{заб}=40$ °С.
2515...2543	Ю₁₀	107,9	5+30	15+62	При средней депрессии 80 атм. за 35 мин. открытого периода получено 7 м ³ пластовой воды плотностью 1,028 г/см ³ . $P_{пл. расч.}=248,5$ атм. $Q_b=172,5$ м ³ /сут при $\Delta P=72,08$ атм. $T_{заб}=48$ °С. Объект водоносный, с хорошим ФЕС.
2758...2822	НГЗК	122,9	10+58	22+56	При средней депрессии 109 атм. за 68 мин. открытого периода получено 2,4 м ³ пластовой воды плотностью 1,036 г/см ³ . $P_{пл. расч.}=275$ атм. $Q_b=48,2$ м ³ /сут при $\Delta P=106,2$ атм. $T_{заб}=51,7$ °С. Объект водоносный.
Скважина Восток-3					
2517...2540	Ю ₁	143,7	6+93+43	17+61+20	При средней депрессии 110,9 атм. за 142 мин. открытого периода получено 4 м ³ пластовой воды, плотностью 1,012 г/см ³ . $T_{заб}=57,8$ °С. $P_{пл. расч.}=247$ атм., $Q_b=60,94$ м ³ /сут при $\Delta P=117,5$ атм. Объект водоносный.
2571...2658	Ю₂-Ю₆	68,7	4+30+20	17+60+3	При средней депрессии 34,8 атм. за 54 мин. открытого периода получено 7 м ³ пластовой воды плотностью 1,015 г/см ³ . $P_{пл. расч.}=253,5$ атм. $Q_b=211,8$ м ³ /сут при $\Delta P=28,34$ атм. $T_{заб}=55,7$ °С. Объект водоносный.
2710...2752	Ю₈	106,37	6+30+20	10+60+12	При средней депрессии 70,9 атм. за 56 мин. открытого периода получено 6,3 м ³ пластовой воды плотностью 1,032 г/см ³ . $P_{пл. расч.}=268$ атм. $Q_b=173,1$ м ³ /сут при $\Delta P=72,8$ атм. $T_{заб}=63$ °С. Объект водоносный.
2862...2878	Ю ₁₀	117,7	10+60+62	16+61+20	При средней депрессии 108 атм. за 138 мин. открытого периода получено 1,3 м ³ пластовой воды плотностью 1,040 г/см ³ . $P_{пл. расч.}=284$ атм. $Q_b=19,9$ м ³ /сут при $\Delta P=111,8$ атм. $T_{заб}=67$ °С. Объект водоносный.

Катагенетические преобразования рассеянного органического вещества и пород изученных мезозойских разрезов свидетельствуют о высоком нефтегенерационном потенциале преимущественно нижнеюрских отложений, где имеются прослои коллекторов I–II классов, связанные, вероятно, с гидротермальной

проработкой пород. Следы миграции углеводородов и притоки нефти, полученные при вскрытии нижнеюрских отложений параметрической скважиной Южно-Пыжинская № 1, свидетельствуют о достаточно высоких перспективах нижнеюрского комплекса правобережья р. Оби в Томской области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологическое строение и нефтегазоносность нижней-средней юры Западно-Сибирской провинции / под ред. В.С. Суркова. – Новосибирск: Наука, 2005. – 156 с.
2. Казаков А.М., Девятков В.П. Стратиграфия нижней и средней юры Западной Сибири // Стратиграфия и палеогеография докембрия и фанерозоя Сибири: Тр. СНИИГГИМС. – Новосибирск: СНИИГГИМС, 1990. – С. 110–118.
3. Шутов В.Д. Классификация песчаных пород // Литология и полезные ископаемые. – 1967. – № 5. – С. 86–103.
4. Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003. – Новосибирск: СНИИГГИМС, 2004. – 114 с.
5. Зонн М.С., Дзюбло А.Д. Коллекторы юрского нефтегазоносного комплекса севера Западной Сибири. – М.: Наука, 1990. – 85 с.
6. Перозин Г.Н. Эпигенез терригенных осадочных пород Западно-Сибирской низменности. – М.: Недра, 1971. – 158 с.
7. Ханин А.А. Петрофизика нефтяных и газовых пластов. – М.: Недра, 1976. – 295 с.

Поступила 18.11.2009 г.