

УДК 553.984

**ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ И СТРУКТУРНО-ТЕКСТУРНЫЕ
ОСОБЕННОСТИ ПОРОД БОБРИКОВСКИХ
НЕФТЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОДНОЙ «ВРЕЗОВОЙ» ЗОНЫ
ВОСТОЧНОГО БОРТА МЕЛЕКЕССКОЙ ВПАДИНЫ**

Н.Г. Нургалиева, А.Г. Нуриев, Э.А. Королев

Аннотация

В статье рассмотрен вещественный состав и структурно-текстурные особенности бобриковских песчаников и тульских глин одной «врезовой» зоны Восточного борта Мелекесской впадины на основе результатов изучения керна скважины Пионерского нефтяного месторождения комплексом литолого-петрографических методов (оптическая микроскопия, гранулометрия, рентгенодифрактометрия, электронный парамагнитный резонанс). Установлен петротип песчаников (мелкозернистые кварцевые хорошо отсортированные) и охарактеризованы структуры порового пространства, обусловленные формой и укладкой зерен, а также извилистостью и связностью поровых каналов. Обнаружены проявления процессов наложенного эпигенеза (коррозия зерен кварца, срастание зерен кварца, пиритизация, кальцитизация). Определены аутигенные и аллотигенные минералы в тульских глинах и степень их измененности. Обсуждены дальнейшие перспективы керновых исследований «врезовых» зон в связи с изучением природы стратиграфических ловушек, обусловленных «врезами».

Ключевые слова: врезы, бобриковские песчаники, вещественный состав, структура порового пространства, вторичные изменения.

Введение

Известно, что на территории Волго-Уральской нефтегазоносной провинции бобриковский горизонт кожимского надгоризонта визейского яруса нижнего карбона в основном представлен песчаниками, глинами и алевролитами с прослоями углей и углистых сланцев (рис. 1). Отложения бобриковского и радаевского возраста часто заполняют врезы, формировавшиеся на рубеже турнейского и визейского времени [1]. Для бобриковского горизонта характерна частая смена фациального состава на коротких расстояниях. Существенной особенностью ее является локальное развитие мелководно-морских и более широкое – прибрежно-морских фаций [2]. Бассейн осадконакопления в бобриковское время был представлен зонами мелководий с сильными течениями и волнениями, с частым перемещением береговой линии, где образовывались песчаники, алевролиты, глины, линзы углей. К бобриковскому времени Камско-Кинельская система прогибов была в основном полностью компенсирована осадками и в ее пределах образовались лагуны, болота, речные долины, давшие начало накоплению песчаников и каолинистых глин с растительными остатками [2].

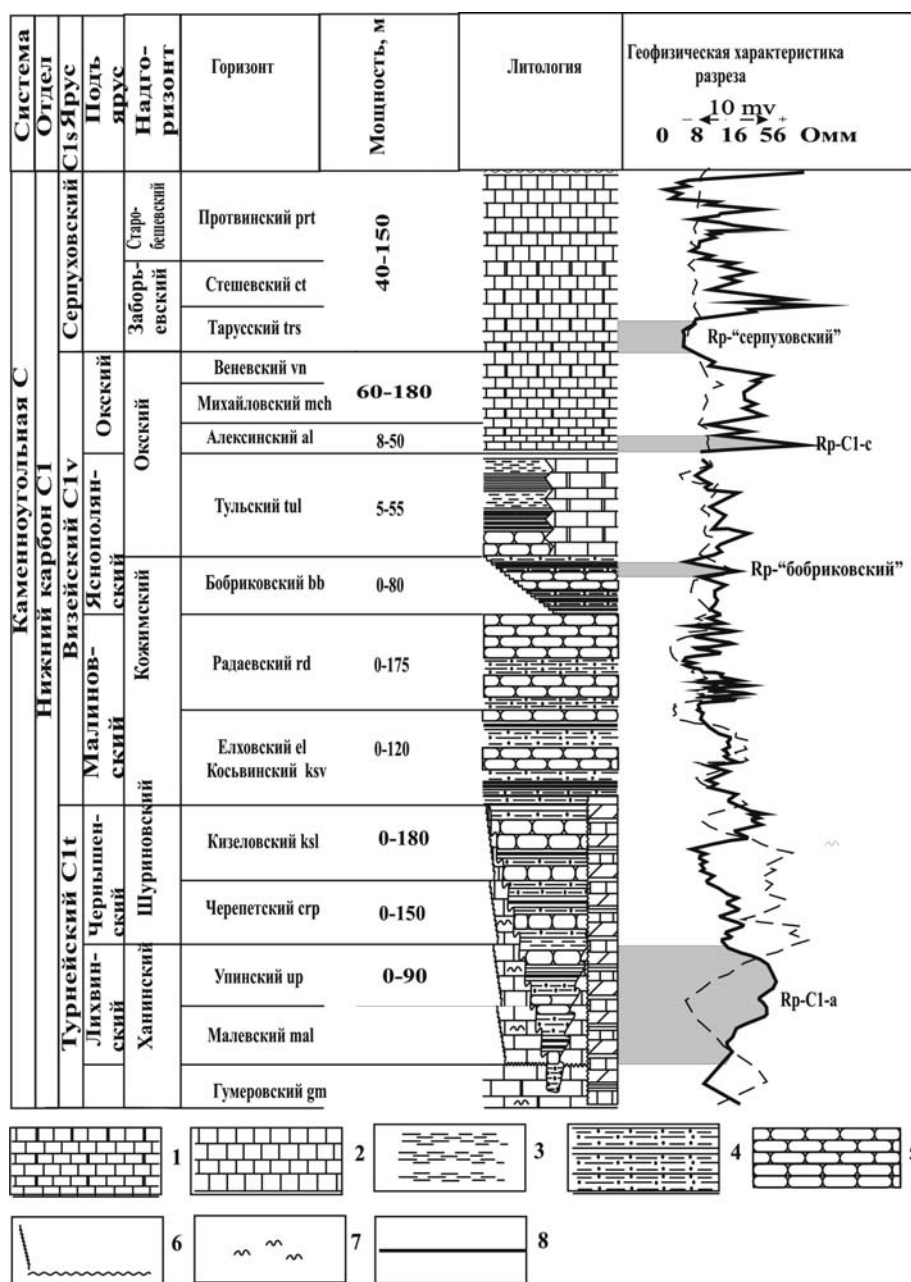


Рис. 1. Сводный геолого-геофизический разрез нижнекаменноугольных отложений (Западное Закамье): 1 – доломиты; 2 – известняки; 3 – глины и аргиллиты; 4 – алевролиты; 5 – песчаники; 6 – эрозийные границы; 7 – стилолитовые швы; 8 – углистые прослои

В статье рассмотрен вещественный состав и структурно-текстурные особенности отложений бобриковского и тульского возраста, приуроченных к визейским «врезам» (Восточный борт Мелекесской впадины) на примере нижнекаменноугольных отложений Пионерского месторождения (рис. 2, 3) на основе комплекса литолого-геохимических методов: оптической микроскопии, гранулометрии, электронного парамагнитного резонанса и рентгенодифрактометрии.

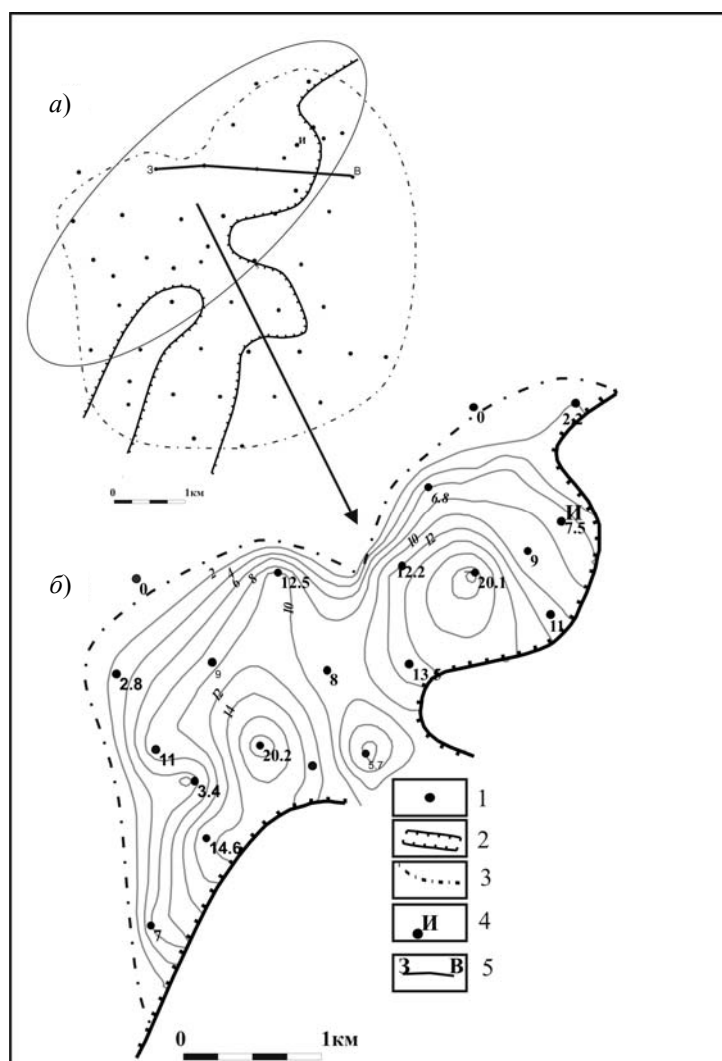


Рис. 2. Пионерское месторождение: *а*) общая схема месторождения; *б*) северо-западный фрагмент месторождения – карта нефтенасыщенных толщин бобриковского горизонта (около скважин подписаны значения толщин). Условные обозначения: 1 – скважина, 2 – «врезовая» зона, 3 – внешний контур нефтеносности, 4 – скважина, по которой проведено керновое исследование, 5 – линия профиля

Литолого-минералогические определения и их интерпретация

Продуктивные отложения бобриковского горизонта в исследуемой скважине (скважина И на рис. 2, 4) представлены в основном песчаником мелкозернистым (рис. 5) слабо-, средне- и крепкосцементированным (степень цементации растёт вниз по разрезу), хорошо отсортированным (рис. 5) разной окраски от светло-серого (нижняя часть пласта) до черного (нефтенасыщенная часть пласта) с тонкими единичными прослойками аргиллита (например, обр. 3б – аргиллит алевритистый, рис. 4, 5). Общая толщина этих отложений составляет 8 м (рис. 4).

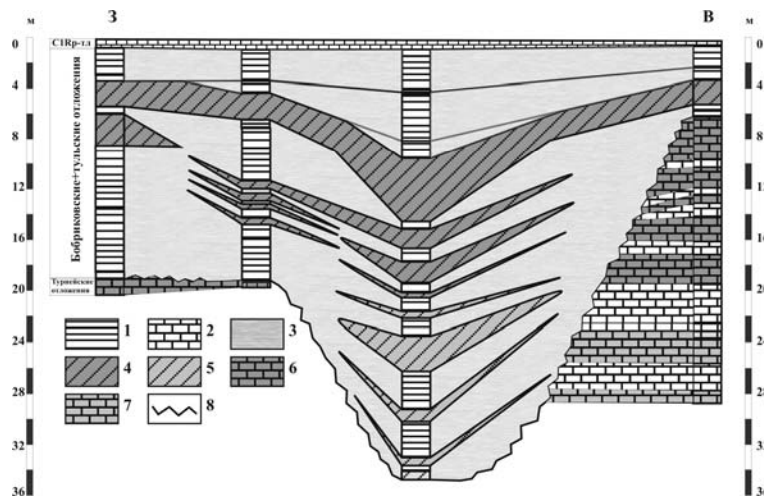


Рис. 3. Структурно-формационный профиль тульско-бобриковских отложений по линии 3–В (рис. 2). Амплитуда «вреза» здесь достигает в максимуме 24 м. Условные обозначения: 1 – глинистые породы, 2 – плотные карбонатные породы, 3 – терригенный неколлектор, 4 – нефтенасыщенные песчано-алевролитовые породы, 5 – водонасыщенные песчано-алевролитовые породы, 6 – карбонатные нефтенасыщенные породы, 7 – карбонатные водонасыщенные породы, 8 – эрозивная граница «вреза»

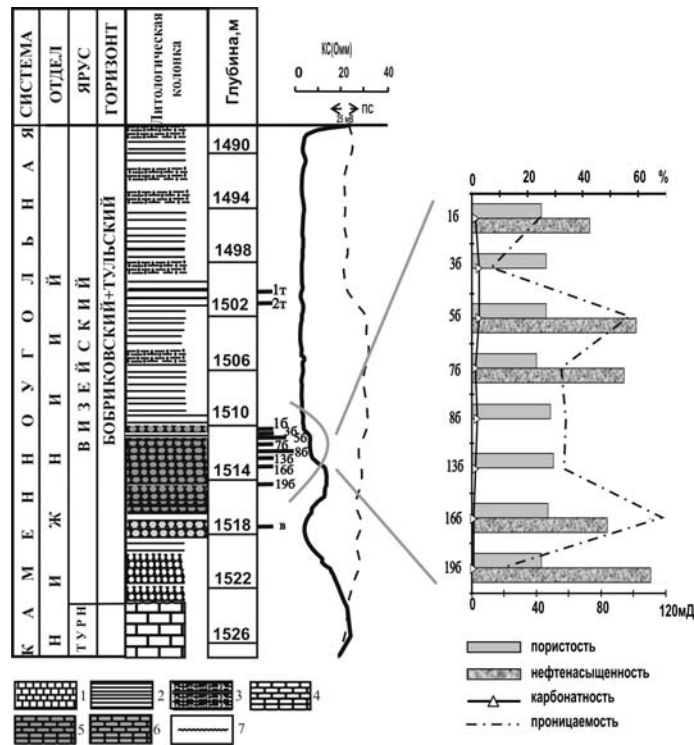


Рис. 4. Разрез скважины И (рис. 2). Интервалы изучения керна показаны на 3/3 литологической колонки. Черточками с надписями помечены образцы. Условные обозначения литологии: 1 – карбонатные породы, 2 – глинистые породы, 3 – алевролиты, 4 – песчаники, 5 – нефтенасыщенные песчаники, 6 – водонасыщенные песчаники, 7 – эрозивная граница «вреза»

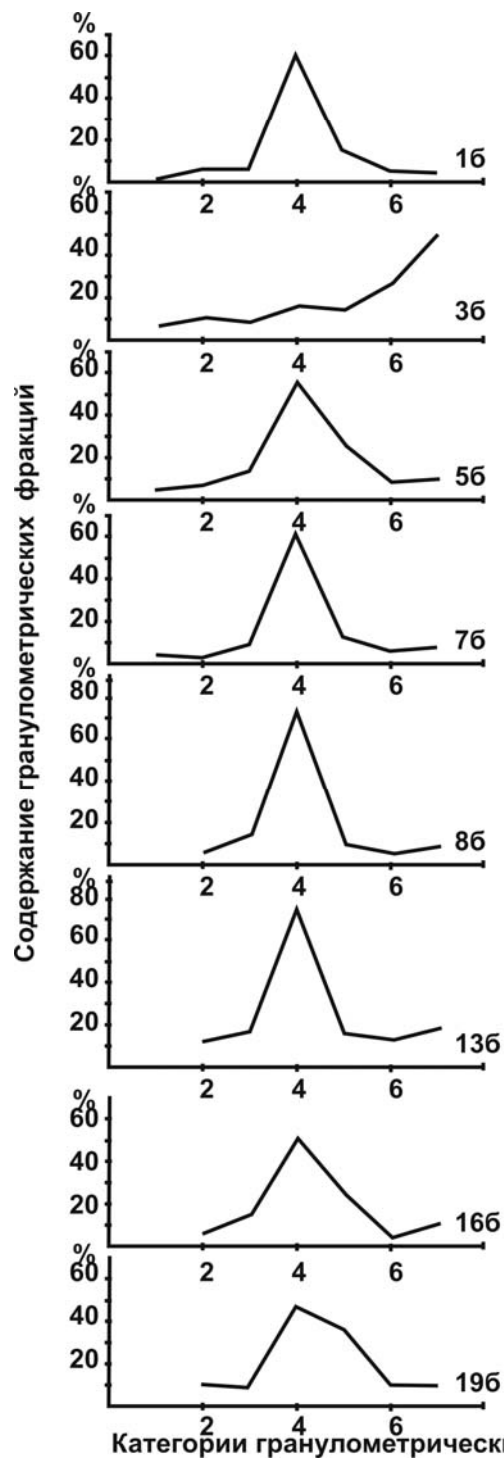


Рис. 5. Гранулометрические графики образцов исследуемой скважины (рис. 4). Категории фракций (мм): 1 – > 1; 2 – 0.4–1; 3 – 0.25–0.4; 4 – 0.1–0.25; 5 – 0.1–0.063; 6 – 0.01–0.063; 7 – < 0.01. Во всех образцах (кроме обр. 36 – аргиллита алевритистого) преобладает мелкозернистая фракция (0.1–0.25 мм)

Изменчивость коллекторских свойств показана также на рис. 4. Пористость колеблется от 23 до 30% со средним значением 26.5%, нефтенасыщенность – от 42.5 до 64.5% со средним значением 54%, карбонатность – от 1 до 4.5% со средним значением 2.7%, проницаемость – от 5 до 110 мД со средним значением 50 мД.

Четко идентифицируется преимущественно кварцевый состав песчаников (рис. 6). Зерна угловатые, полуокатанные, окатанные. Цемент по составу от карбонатного до глинистого, базально-порового, порового, контактно-порового типов. Хорошие коллекторские свойства объясняются высокой минералогической зрелостью пород, по-видимому, ранним приходом нефти и образованием на первых стадиях катагенеза регенерационного кварцевого каркаса, препятствующего уплотнению пород. Важной особенностью пород является частые срастания кварцевых зерен (рис. 6), что характерно для процессов наложенного эпигенеза [3].

Сохранившиеся в сростках кварцевых зерен реликты пор от неполной перекристаллизации могут формировать неизвлекаемые запасы. Наиболее перспективными являются межкластерные каналы, которые, несмотря на высокую извилистость, характеризуются повышенной связностью. Проницаемость таких коллекторов достигает 80–110 мД (обр. 5б, 7б, 16б, 19б – рис. 4–6), что обеспечивает хорошие притоки даже вязкой нефти.

Индикатором зон древних ВНК кроме конформно-зернистых структур кварца является также пирит, с которым можно связать корродированные зерна кварца (рис. 6, обр. 8б).

В целом на основании оптико-микроскопических исследований выделяются два типа структур порового пространства.

Первый тип пор имеет полигональную или неправильную форму, при этом межзерновое пространство часто осложняется коррозией кварцевых зерен (рис. 7, а). Второй тип пустот характеризуется большой извилистостью очертаний и повышенной связностью поровых каналов. Каналы оконтуривают участки матрицы коллектора, в которой зерна плотно срослись (рис. 7, б).

Применение метода электронного парамагнитного резонанса позволило установить, что характерными парамагнитными метками бобриковских песчаников выступает сигнал свободных радикалов, указывающий на углистое вещество, и спектр Mn^{2+} , указывающий на кальцитовый цемент (рис. 8). Характерной особенностью спектров является также выраженная подложка в виде широкого сигнала от пиритовой составляющей (рис. 8).

По данным рентгенодифрактометрического анализа нефтеносные песчаники характеризуются присутствием аутигенного галита (рис. 9).

Водоносный песчаник характеризуется наличием аутигенного кальцита, являющегося цементом породы. Его появление, по-видимому, связано с формированием зоны ВНК, в пределах которой шел сброс карбонатного материала (рис. 9).

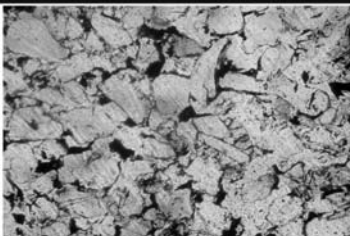
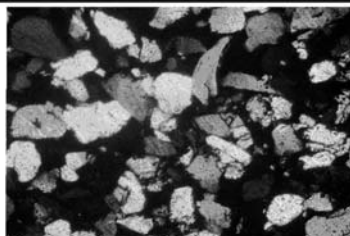
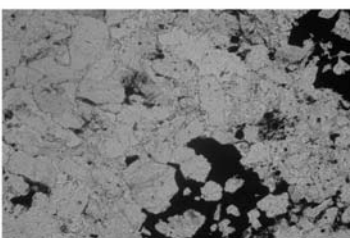
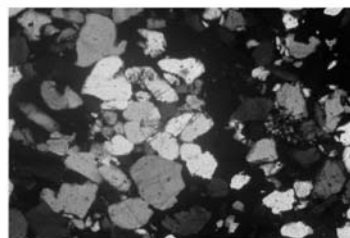
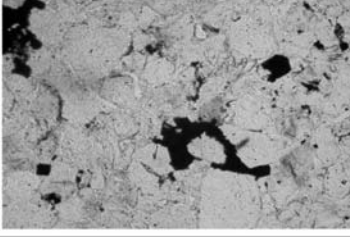
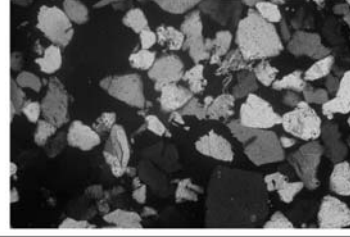
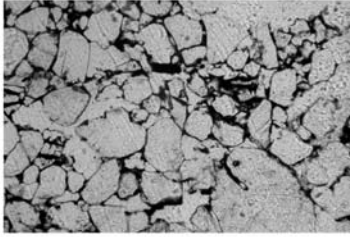
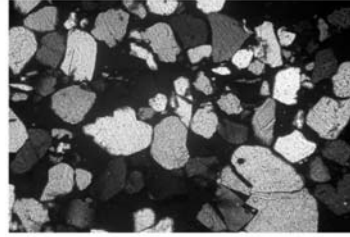
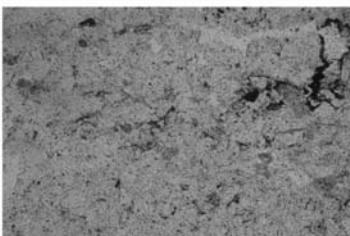
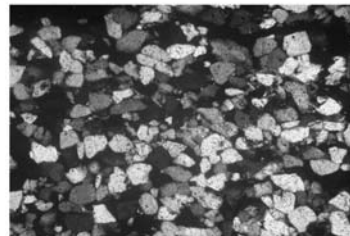
Обр.	При одном николе	При скрещенных николях
16		
76		
86		
166		
196		

Рис. 6. Песчаные и алевролитовые коллекторы нефтенасыщенного интервала (длина поля шлифа – 5 мм) (см. рис. 4)

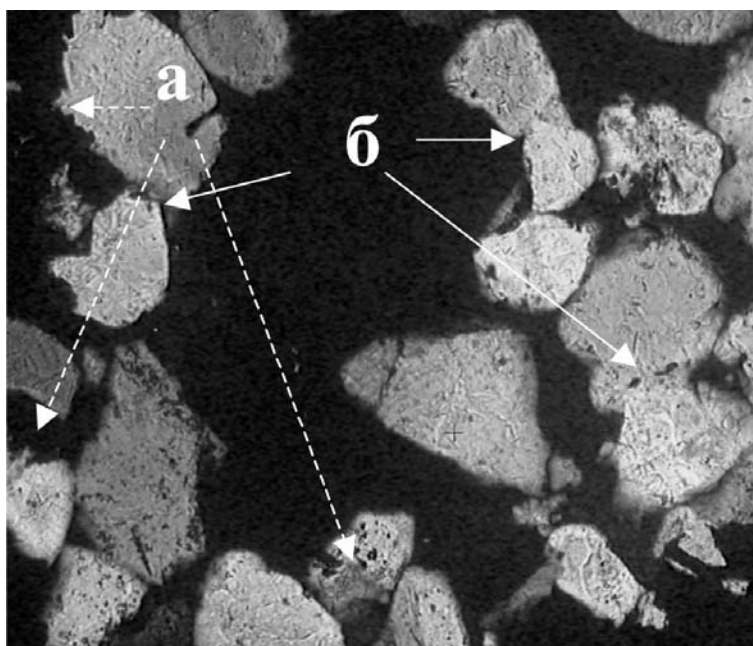


Рис. 7. Демонстрация проявления двух основных процессов в бобриковских песчаниках (длина поля шлифа – 1 мм): а) коррозия кварцевых зерен, б) срастание кварцевых зерен

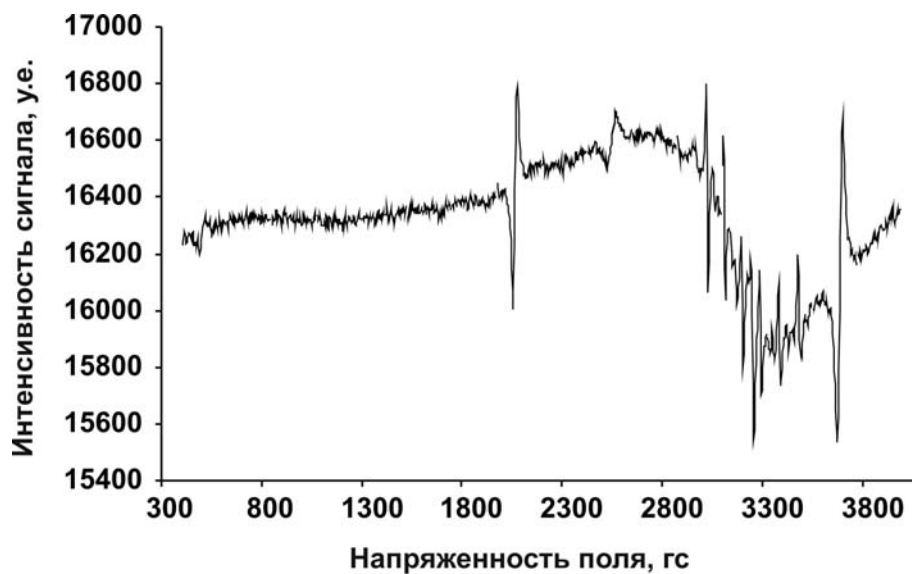


Рис. 8. Спектр ЭПР образца экстрагированного песчаника нефтенасыщенной зоны (обр. 8б)

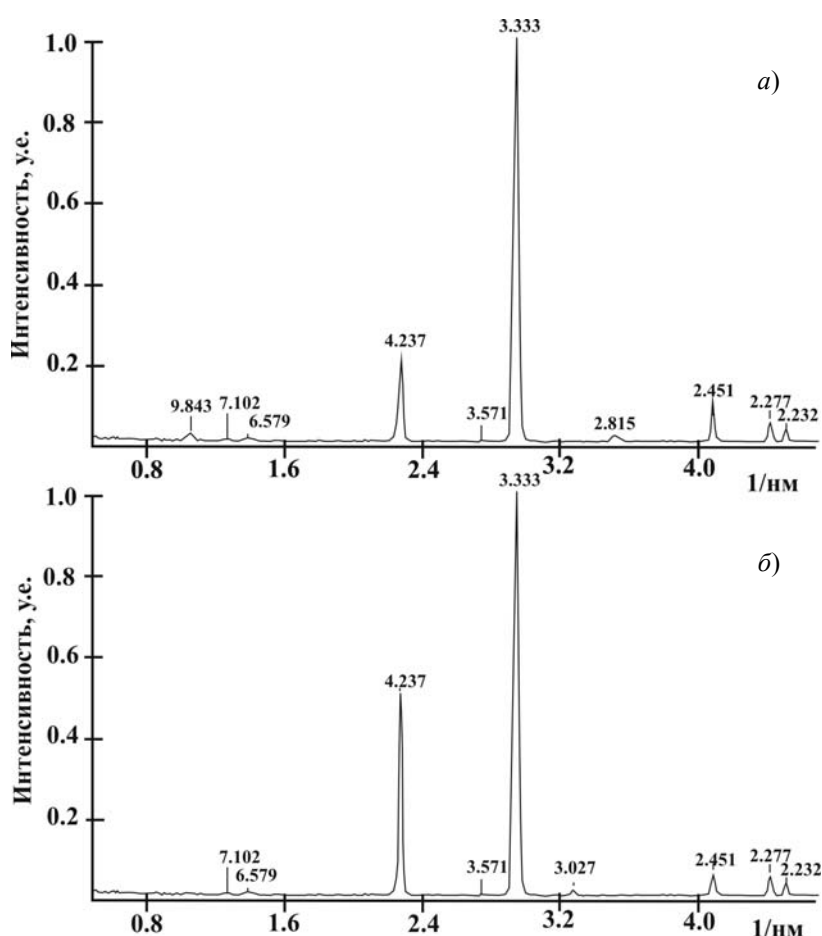


Рис. 9. Дифрактограммы песчаников: а) нефтенасыщенного (обр. 7б – рис. 4), б) водонасыщенного (обр. В – рис. 4)

$d, \text{Å}$	Минерал	$d, \text{Å}$	Минерал
9.843	Мусковит	3.027	Кальцит
7.102	Кварц	2.815	Галит
6.579	Кварц	2.451	Кварц
4.237	Кварц	2.277	Кварц
3.571	Каолинит	2.232	Кварц
3.333	Кварц		

Важнейшей частью залежи резервуара является не только коллектор, но и флюидоупор. Образцы были отобраны из тульских глин (рис. 4) и сложены преимущественно глинистыми минералами – каолинитом, иллитом и смешанослойным образованием иллит-сметитового состава. Последнее фиксируется по наличию у межплоскостного отражения при 10 Å асимметрии в сторону малых углов в воздушно-сухом состоянии (рис. 10) препарата и его исчезновении при насыщении препарата этиленгликолем. Из аллотигенных (обломочных) минералов идентифицируются кварц, калиевые полевые шпаты и плагиоклазы (альбит). Среди обломочных зерен кварц, судя по интенсивности его рефлексов, явно преобладает (рис. 10). Аутигенные минералы представлены кальцитом и пиритом.

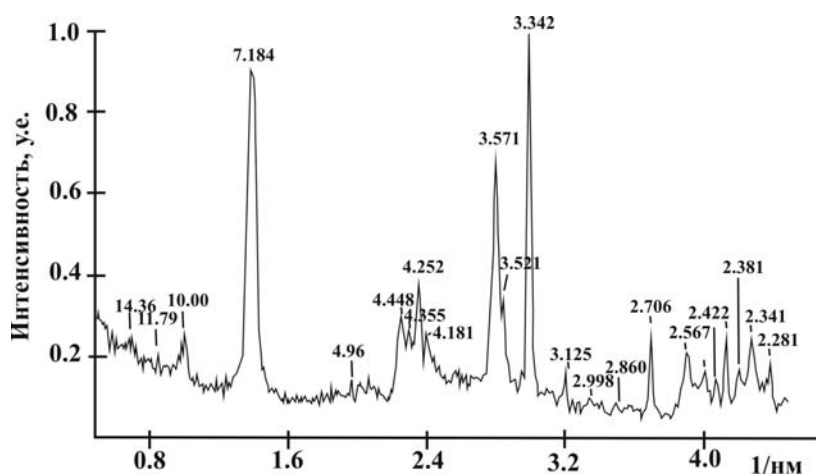


Рис. 10. Аргиллит алевритистый, слабо пиритизированный (обр. 2т – рис. 4). Тульский горизонт

$d, \text{Å}$	Минерал	$d, \text{Å}$	Минерал
14.36	Хлорит	3.125	Пирит
10.00	Мусковит	2.998	Мусковит
7.184	Каолинит	2.860	Хлорит
5.000	Мусковит	2.706	Пирит
4.448	Мусковит + каолинит	2.567	Мусковит + каолинит
4.355	Мусковит	2.495	Кварц + каолинит + мусковит
4.252	Кварц	2.461	Кварц
4.181	Мусковит	2.422	Мусковит + кварц
3.571	Каолинит	2.381	Каолинит + мусковит
3.521	Хлорит	2.341	Каолинит + мусковит
3.342	Кварц + мусковит	2.281	Кварц + мусковит

Образец, располагающийся выше по разрезу (обр. 1т – рис. 4), характеризуется преобразованиями преимущественно хлорита, у которого прослеживается некоторое уширение рефлекса $d = 14.36 \text{ Å}$. Мусковит находится на начальных стадиях преобразования, что фиксируется по слабому уширению его базального отражения второго порядка ($d = 4.96 \text{ Å}$).

Обсуждение результатов и заключение

Полученные результаты показывают, что бобриковские мелкозернистые песчаники и алевролиты (рис. 5, 6) по фациальному облику вполне удовлетворяют флювиальной седиментационной гипотезе, согласно которой обломочный материал сносился водными потоками в эрозионные каналы и впадины, которые могли иметь различное происхождение (линейная эрозия нерасчлененного рельефа водными потоками, карстовые процессы, блоковые подвижки [1]).

К основной особенности «врезов», отличающей их от прогибов, относится более древний возраст пород в осевой зоне «вреза», чем на его бортах. По направлению от поверхности к оси «вреза» вскрываются все более глубоко залегающие горизонты карбонатного комплекса. При седиментационных процессах такие эрозионные углубления заполнялись терригенным материалом, что обусловило

еще одну отличительную особенность «врезов»: толщина терригенных отложений в таких углублениях превышает толщину пород на территории, примыкающей к ним. Во «врезе» увеличивается толщина пластов песчаников и аргиллитов, обычно прослеживающихся и вне «врезов», хотя в единичных случаях зафиксировано их выклинивание на бортах «врезов». Наблюдающиеся резкие колебания на коротких расстояниях (менее 1 км – рис. 2, 3) глубины «вреза» объясняются в большей степени не характером рельефа дна «вреза», а вскрытием скважинами различных элементов изучаемого объекта – осевой зоны и разных частей склона. Исследуемый интервал бобриковских песчаников (толщиной 8 м), по-видимому, принадлежит единому седиментационному циклиту 5-го порядка (по классификации [4]) седиментационного комплекса низкого уровня моря, подтверждаемого углистой компонентой (рис. 8) и характерным составом глинистых минералов (рис. 10). В условиях низкого уровня моря чередовались переходные обстановки осадконакопления с активным флювиальным режимом водных потоков и тиховодным режимом лагун. Мелкозернистые нефтеносные песчаники исследуемого интервала в данной части «вреза», видимо, представляют флювиальные обстановки нестрежневых частей водных потоков. По литологическому составу изученные отложения могут быть отнесены к типу Б [1].

Изучаемые бобриковские отложения в определенной степени испытали влияние наложенных процессов, выраженных прежде всего в наличии корродированных зерен, структур срастания зерен (рис. 6, 7), пиритизации (рис. 8). Проявление этих процессов вполне типично для природных резервуаров углеводородов. Чаще эти процессы более интенсивны на контакте нефти и воды и в водонасыщенной зоне [3, 5]. Интересным фактом является обнаружение в нефтенасыщенном песчанике галита. Галит, вероятно, образовался в результате выпадения из пересыщенного пластового раствора. Его наличие, по-видимому, указывает на то, что пластовые воды нефтяной залежи относятся к застойной зоне водообмена, обогащенной ионами Na^+ и Cl^- . Результатом наложенных процессов может быть объяснено и отсутствие в тульских аргиллитах покрывки полевых шпатов (рис. 10). Вероятно, здесь активно протекали бактериальные биохимогенные процессы гидролиза [6]. Вообще, в отложениях нижнего и среднего карбона Восточного борта Мелекесской впадины часто встречаются зоны окремнения или окварцевания. В исследованном интервале подобные зоны в явном виде не обнаружены, однако образование конформно-зернистых структур кварца является одним из свойств подобных зон [7] и может косвенно указывать на проявление процессов окварцевания на соседних участках.

Полученные результаты в целом указывают на то, что дальнейшие литолого-минералогические исследования бобриковских отложений должны быть направлены на сравнительное изучение кернового материала из различных морфологических частей «врезных» зон, а также из зон, не затронутых эрозионно-врезными процессами в комплексе с данными скважинной геофизики и сейсмических исследований, способных дать представление о седиментационной конфигурации аккумулятивных тел, слагающих «врезные» осадочные комплексы. Такие исследования позволят продвинуться в понимании природы стратиграфических ловушек, связанных с «врезами».

Summary

N.G. Nurgalieva, A.G. Nuriev, E.A. Korolev. Lithological Composition and Structure of Bobrikovskian Oil-bearing Rocks within One Incised Valley Zone of Eastern Slope of Melekess Depression.

Lithological composition and structure of Bobrikovskian oil-bearing reservoir rocks and Tulsian seal rocks (Pionerskoe oil-field, Eastern Slope of Melekess depression) have been studied by a range of methods including thin sections investigation, grain size measurement, X-ray analysis, and ESR spectroscopy. Structural type of sandstones has been revealed, as well as their pore space factors. Some main secondary mineralogical changes (quartz grains agglomeration, corrosion of grains, pyrite and calcite formation) have been described. The composition of seal's clay rocks has been determined along with the rate of their transformation. This data can help in future to advance in understanding the nature of stratigraphic traps controlled by incised valleys in the region.

Key words: incised valleys, Bobrikovskian sandstones, lithological composition, pore space, secondary changes.

Литература

1. *Ларочкина И.А.* Геологические основы поисков и разведки нефтегазовых месторождений на территории Республики Татарстан. – Казань: ООО «ПФ «ГАРТ»», 2008. – 210 с.
2. *Губарева В.С.* Каменноугольная система // Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. – М.: ГЕОС, 2003. – С. 103–125.
3. *Малиновский Ю.М.* Нефтегазовая литология. – М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2007. – 214 с.
4. *Miall A.D.* The geology of stratigraphic sequences. – Berlin; Heidelberg: Springer, 1997. – 433 p.
5. *Сахибгареев Р.С.* Вторичные изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения нефтяных залежей. – Л.: Недра, 1989. – 260 с.
6. *Кринари Г.А., Морозов В.П., Королёв Э.А., Кольчугин А.Н.* Биокосный эпигенез: факторы и механизмы // Материалы IV Всерос. литолог. совещ., Москва, 7–9 нояб. 2006 г. – М.: ГЕОС, 2006. – Т. 2. – С. 19–22.
7. *Шайдуллин И.А., Шайдуллин А.А., Кринари Г.А., Галеев А.А.* Биокосные причины окварцевания коллекторов нефти // Материалы IV Всерос. литолог. совещ., Москва, 7–9 нояб. 2006 г. – М.: ГЕОС, 2006. – Т. 2. – С. 59–61.

Поступила в редакцию
10.06.09

Нургалиева Нурия Гавазовна – доктор геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии нефти и газа Казанского государственного университета.

E-mail: nouria.nourgalieva@ksu.ru

Нурiev Аннур Гаптрауфович – аспирант кафедры геологии нефти и газа Казанского государственного университета.

E-mail: annurnur@yandex.ru

Королев Эдуард Анатольевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель кафедры общей геологии и гидрогеологии Казанского государственного университета.

E-mail: EKorolev@ksu.ru