

УДК 553.984

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ СЕДИМЕНТАЦИИ
НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ
БОБРИКОВСКО-РАДАЕВСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ***С.Е. Валеева, А.Г. Баранова, Б.В. Успенский***Аннотация**

Изучение кернового материала скважин ценно не только для определения фильтрационно-емкостных свойств пород и вмещающих их флюидов, но и для восстановления истории накопления изучаемых отложений. Так, одним из наиболее популярных методов восстановления палеогеографических условий осадконакопления являются гранулометрические коэффициенты и основанные на них интерпретации диаграммы и графики. В статье представлены результаты изучения гранулометрического состава в виде определения гранулометрических коэффициентов и их интерпретация, в том числе с помощью диаграммы Пассега. С помощью этой методики проведена генетическая интерпретация песчаных отложений, слагающих бобриковские пласты-коллекторы, и установлены условия их осадконакопления.

Ключевые слова: бобриковский горизонт, гранулометрический состав, врезы, залежь, коллекторские свойства.

Известно [1], что условия седиментации влияют на строение и коллекторские свойства вмещающих нефть пород. Например, терригенная толща бобриковско-радаевских отложений по условиям формирования относится к полифациальным, что связано со сменой режима: регрессивный этап развития в посттурнейское время сменяется на трансгрессивный в поздневизейское время. Согласно А.Н. Шакирову [2], в пределах восточного борта Мелекесской впадины выделяются следующие группы фаций: группа аллювиально-речных фаций, группа озерно-болотных фаций, группа фаций прибрежно-морского мелководья и группа фаций мелководного шельфа, сменяющие друг друга во времени. Поэтому основной целью настоящей работы является установление условий седиментации пластов-коллекторов бобриковско-радаевских отложений и связанных с ними фаций в пределах зон развития визейских врезов и вне таковых на восточном борту Мелекесской впадины.

Бобриковско-радаевские пласты-коллекторы представлены песчаниками. Для их изучения применяются различные методы, однако одним из важнейших является анализ гранулометрического состава. Результаты обработки данных гранулометрического состава несут ценную информацию об условиях формирования и локализации данных пород. Интерпретация результатов гранулометрического анализа невозможна без предварительной обработки полученных цифровых данных, размещенных обычно в виде таблиц. Один из способов обработки

этих данных, получивший широкое распространение, основан на использовании статистических коэффициентов и законов распределения обломочных частиц.

Определение гранулометрических коэффициентов можно производить аналитическим или графическим способами. В геологической практике почти исключительно пользуются графическим способом, который хотя и является менее точным, но зато одновременно и менее трудоемким и громоздким. Широкое распространение получил метод, предложенный П. Траском, который ввел понятие квартилей, разделяющих пробу на 4 равные части по 25% в каждой. В нашей стране этот метод был существенно дополнен и развит в трудах выдающегося отечественного литолога Л.Б. Рухина, предложившего известную «генетическую диаграмму» [1]. Были рекомендованы и другие методы, дающие возможность, по мнению их авторов, определять с помощью количественных гранулометрических коэффициентов и параметров условия формирования песчаных пород. Наиболее известными из них являются метод Д. Дугласа, придававшего большое значение особенностям морфологии кумулятивных кривых, метод Р. Пассега с его генетической диаграммой, учитывающей способ переноса осадка в водной среде, и многие другие [3]. На диаграмме Гостинцева, составленной на основе анализа более 1000 проб современных осадков, выделяемые области носят название динамогенетических полей, соответствующих той или иной степени механической дифференциации обломочных частиц. Все эти методы интересны и успешно применялись их авторами к конкретным объектам исследований [4].

Изучив имеющиеся методики обработки гранулометрического состава пород и его генетической интерпретации, проведено исследование по восстановлению условий осадконакопления и определению фаций в бобриковско-радаевских отложениях на территории восточного борта Мелекесской впадины. Исходным материалом для проведения научной работы послужили данные по изучению керна, предоставленные ЗАО «Предприятие Кара Алтын» по пяти месторождениям: Аканскому, Егоркинскому, Осеннему, Светлоозерскому и Урнякскому.

В ходе настоящей работы построены кумулятивные кривые по данным гранулометрического состава. Для определения генезиса исследуемых отложений полученные кумулятивные кривые сравнивались с кумулятивными кривыми по В.В. Веберу [5], приведенными в его монографии «Диagenетическая стадия образования нефти и газа». Для дальнейшего уточнения условий осадконакопления по кумулятивным кривым методом Траска были сняты значения квартилей и определены коэффициенты S_0 (коэффициент сортировки) и S_k (коэффициент асимметрии). Но так как этих коэффициентов недостаточно для полной трактовки условий осадконакопления, данные по гранулометрическому составу обрабатывались в программе «Тестовая версия обработки данных гранулометрического анализа», ©Т.А. Ситников, 1995–2008, разработанной в Санкт-Петербургском государственном политехническом университете совместно с кафедрой литологии Санкт-Петербургского государственного университета. В программном комплексе получены дополнительные данные, такие как среднее, медиана, стандартное отклонение, коэффициент вариации, относительная (нормированная) энтропия, асимметрия, эксцесс и возможная генетическая интерпретация. Полученные параметры дополнительно были наложены и проинтерпретированы

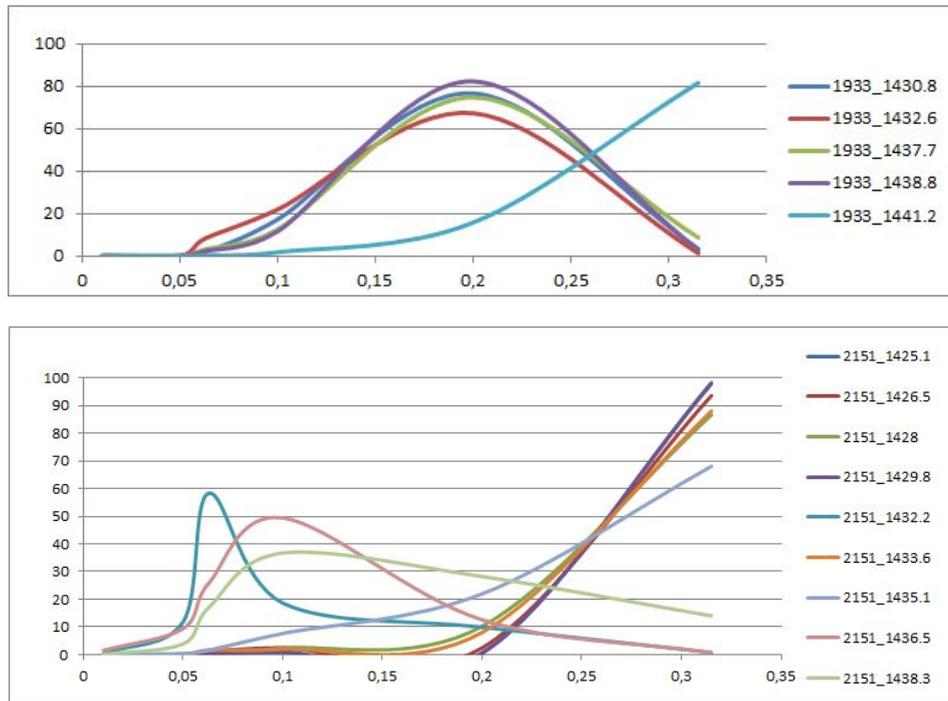


Рис. 1 Диаграммы кривых распределения размерных фракций скв. 2151 и 1933

по диаграмме Р. Пассега. Для отдельных образцов проведен рентгенодифрактометрический анализ, позволяющий детализировать некоторые условия формирования существующих залежей нефти.

На Аканском месторождении, как видно из рис. 1, в скв. 2151 и 1933 есть различия в содержании отдельных фракций, причиной тому является то, что скважины расположены на разных куполах Аканского поднятия и имеют различное положение по отношению к линии визейского вреза. Но, несмотря на кажущиеся различия в содержании фракций, в условиях осадконакопления песчаного материала прослеживается корреляция. При проведении анализа отмечено, что заполнение визейского вреза на территории Аканского поднятия происходило в сменяющихся условиях: в скв. 1933 активное волнение и приливно-отливные явления с течением времени сменяются на однонаправленные потоки, а затем на слабые морские течения с последующим образованием областей слабой волновой переработки конечных водоемов стока. В скв. 2151 условия формирования бобриковских отложений были изначально менее динамичными, что подтверждается генетической интерпретацией двух нижних образцов. Позже обстановка становится более активной, возникает нестационарное отложение из однонаправленных потоков, как и в скв. 1933. Таким образом, начиная с 6-го образца скв. 2151 прослеживаются сходные со скв. 1933 условия осадконакопления. Дополнительным подтверждением такого заключения является идентичная форма кумулятивных кривых по образцам: похожие условия среды дают сходную форму кумулятивных кривых исследуемых образцов. Например, образец 1933_1438,8 и образцы 2151_1433,6 и 2151_1435,1 (рис. 2).

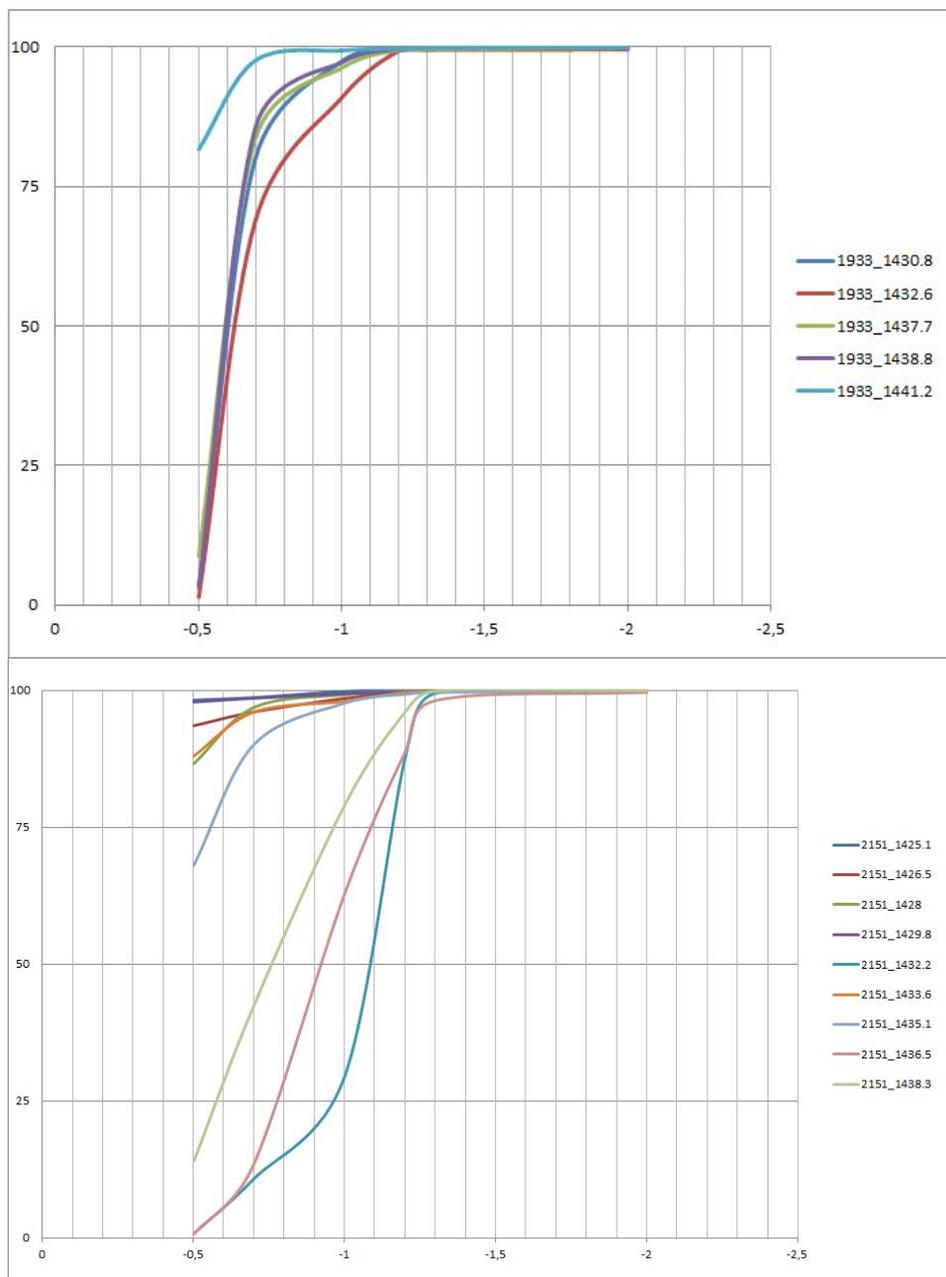


Рис. 2 Кумулятивные кривые скв. 2151 и 1933

Корреляция разрезов пробуренных скважин и геологические профили каменноугольных отложений Егоркинского месторождения свидетельствуют о сложном строении нижнекаменноугольной толщи, одним из главных элементов которого является наличие визейских врезов. Врез вскрыт шестью скважинами, позволяющими протрассировать его с север-северо-запада на юг-юго-восток. Анализируя исследования керна по скв. 9587, можно отметить следующее. На Егоркинском месторождении вниз по разрезу скв. 9587 доля алевроглинистой фракции уменьшается, увеличивается доля более крупнозернистой фракции. Условия

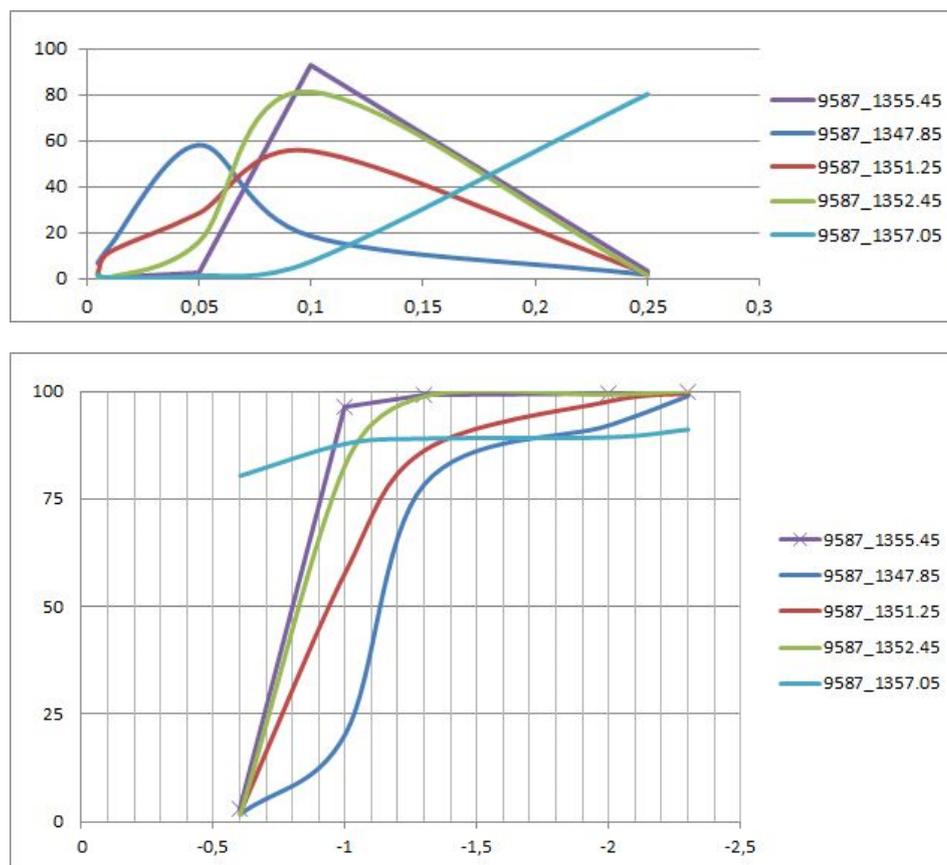


Рис. 3 Диаграмма кривых распределения размерных фракций и кумулятивные кривые скв. 9587

осадконакопления коррелируются со скв. 1933, то есть активный гидродинамический режим волновых явлений сменяется на более спокойный режим однонаправленных потоков – рек. Отложения отнесены к речной пойме. С последующим наступлением моря в позднебобриковское время условия осадконакопления сменяются на морские, на территории исследования происходило стационарное отложение взвешенного материала морскими течениями (тульское время). По форме кумулятивных кривых (рис. 3) отмечается схожесть образцов 9587_1351,25, 9587_1352,45 и 9587_1355,45, относящихся к речной пойме. Таким образом, кумулятивные кривые могут быть приняты как одно из доказательств сходных условий осадконакопления при подобию формы.

Наиболее интересным представляется строение бобриковского горизонта на Светлоозерском поднятии Светлоозерского месторождения. Имеющийся геологический и промыслово-геофизический материал говорит о наличии трех самостоятельных бобриковских залежей на Светлоозерском поднятии в районе скв. 660. Все залежи изолированы друг от друга по вертикали пачками аргиллитов (рис. 4).

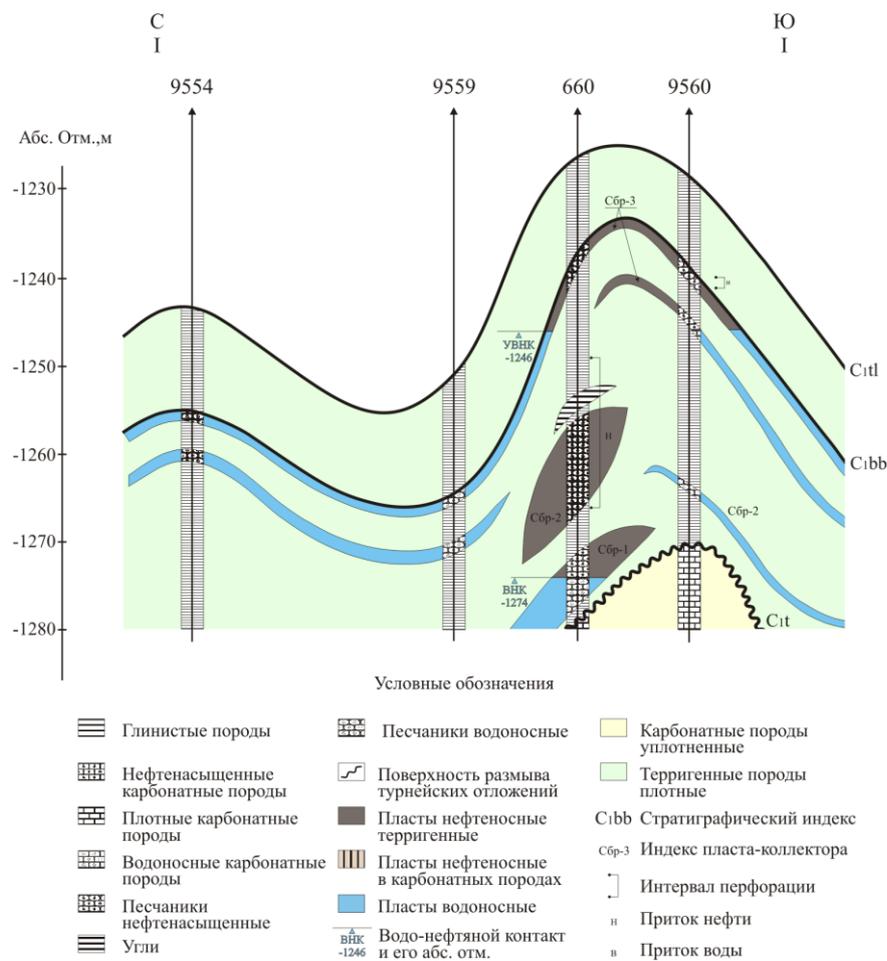


Рис. 4. Светлоозерское месторождение. Схематический геологический профиль нижне-каменноугольных отложений по линии скв. 9554 – 9559 – 660 – 9560

Верхняя из них приурочена к пласту Сбр-3 и вскрыта двумя скважинами: 660 и 9560. Вторая залежь приурочена к «врезовому» пласту Сбр-2 и вскрыта одной скважиной (скв. 660). Третья залежь приурочена к пласту Сбр-1, имеющему эффективную толщину 7.4 м. Возможно, скв. 660 вскрыла часть шнурковой залежи, протягивающейся с юго-запада на северо-восток по ложу посттурнейского вреза. В образцах по скв. 9560 преобладают песчаники размерами зерен 0.1–0.25 мм. Доля алевроглинистой фракции невелика. Генетическая интерпретация гранулометрического состава показала, что осадение на данной территории происходило в условиях речной поймы. Этот факт доказывает ранее выдвинутое предположение, что находящаяся на расстоянии 230 м скв. 660 вскрыла шнурковую залежь [6], образованную в палеорусле, а скв. 9560 попала в пойменную зону протекавшего здесь водотока. Отличающимся от других является образец 9560_1422,3. Образец был взят из пласта Стл-3 и по генетической интерпретации относится к области прибрежно-морских или пляжевых отложений (рис. 5). Таким образом, трансгрессивный характер тульского времени нашел свое отражение в гранулометрическом составе пород.

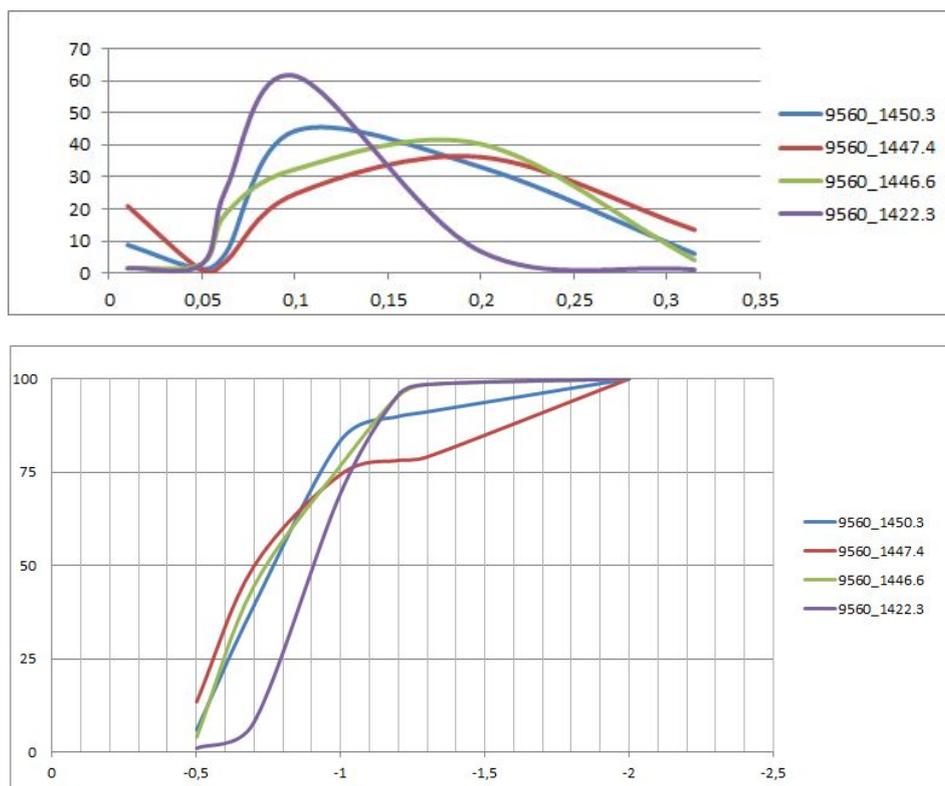


Рис. 5. Диаграмма кривых распределения размерных фракций и кумулятивные кривые скв. 9560

Проанализированные выше четыре скважины (1933, 2151, 9587, 9560) относятся к скважинам с «аномальным» типом разреза. В них турнейский ярус размыт на различную глубину, а визейские эрозионные врезы заполнены песчаниками радаевско-бобриковского возраста. В разрезе выделяются несколько пластов-коллекторов – от Сбр-3 до Сбр-0 (скв. 9587). Генетическая интерпретация скважин с таким разрезом показала, что преобладающими условиями осадконакопления были аллювиально-речные с соответствующими типами фаций.

Исследования керна на Осеннем месторождении проводились по двум скважинам: 1177 и 1196. Изучаемые скважины вскрыли разрез нормального типа и находятся на значительном удалении от линии вреза. По данным гранулометрического анализа скважин в песчаниках бобриковского пласта Сбр-3 преобладает мелкозернистая фракция, лишь образец 1196_1302 отличается преобладанием среднезернистой. Генетическая интерпретация изучаемых образцов показывает, что осаднение материала на данной территории происходило в стационарных условиях, в умеренно турбулентном потоке. Учитывая положение скважин в сводовой (скв. 1177) и присводовой (скв. 1196) частях поднятий, осадки отнесены к морским – область слабых морских течений. По образцу 1196_1302 интерпретируется область активных волнений, существовавших в позднебобриковское время (рис. 6).

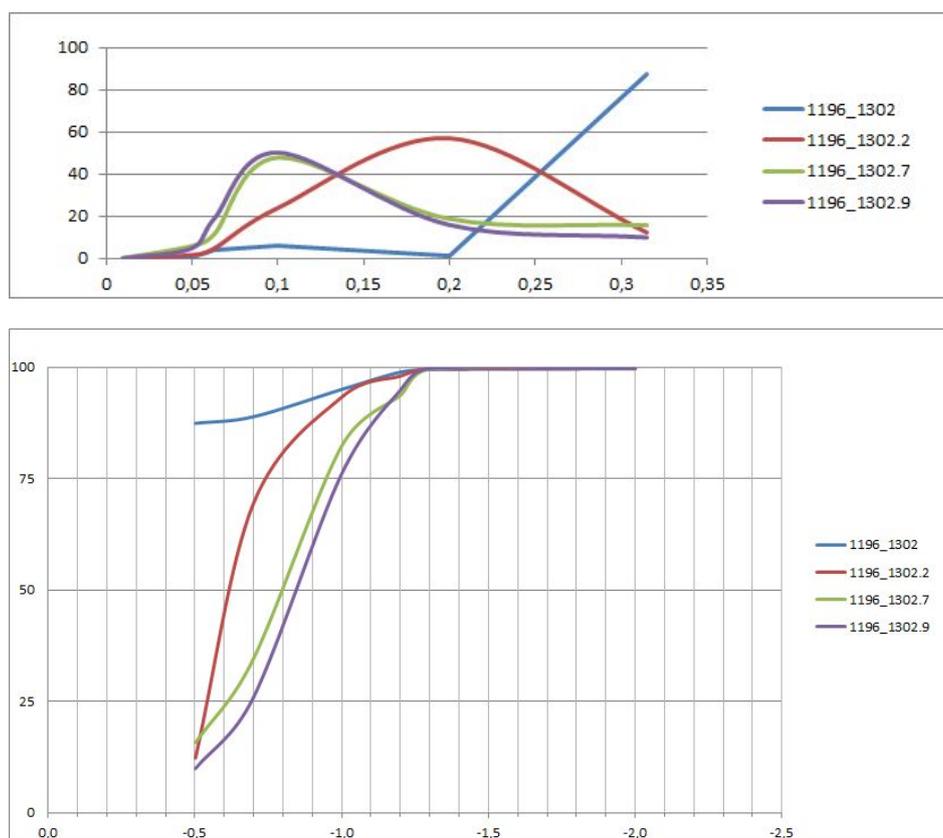


Рис. 6. Диаграмма кривых распределения размерных фракций и кумулятивные кривые скв. 1196

Исследования керна на Урнякском месторождении проводились на западном участке в двух скважинах – 1420 и 1422. В результате анализа получены следующие результаты. Содержание фракций практически во всех образцах (рис. 7) одинаково, отдельные расхождения существенно не изменяют общую картину условий осадконакопления, но указывают на различие гидродинамических условий – в данном случае по силе течения. Согласно генетической интерпретации осаждение взвешенного материала происходило, как и на Осеннем месторождении, в стационарных условиях – в области слабых постоянных морских течений.

Таким образом, проанализировав гранулометрический состав по скважинам с нормальным и аномальным типами разрезов, можно сделать следующие выводы: для скважин, расположенных в зонах развития визейских врезов, характерны аллювиально-речные фации, а углисто-глинистые сланцы указывают на присутствие здесь озерно-болотных фаций. В скважинах с нормальным типом разреза условия осадконакопления относятся к более спокойным и отнесены к морским – областям слабых постоянных морских течений с соответствующими мелководно-морскими группами фаций.

Помимо построения кумулятивных кривых и генетической интерпретации программным способом результирующие положения были проверены на генетической диаграмме Р. Пассега (рис. 8). Для бобриковского горизонта точки более

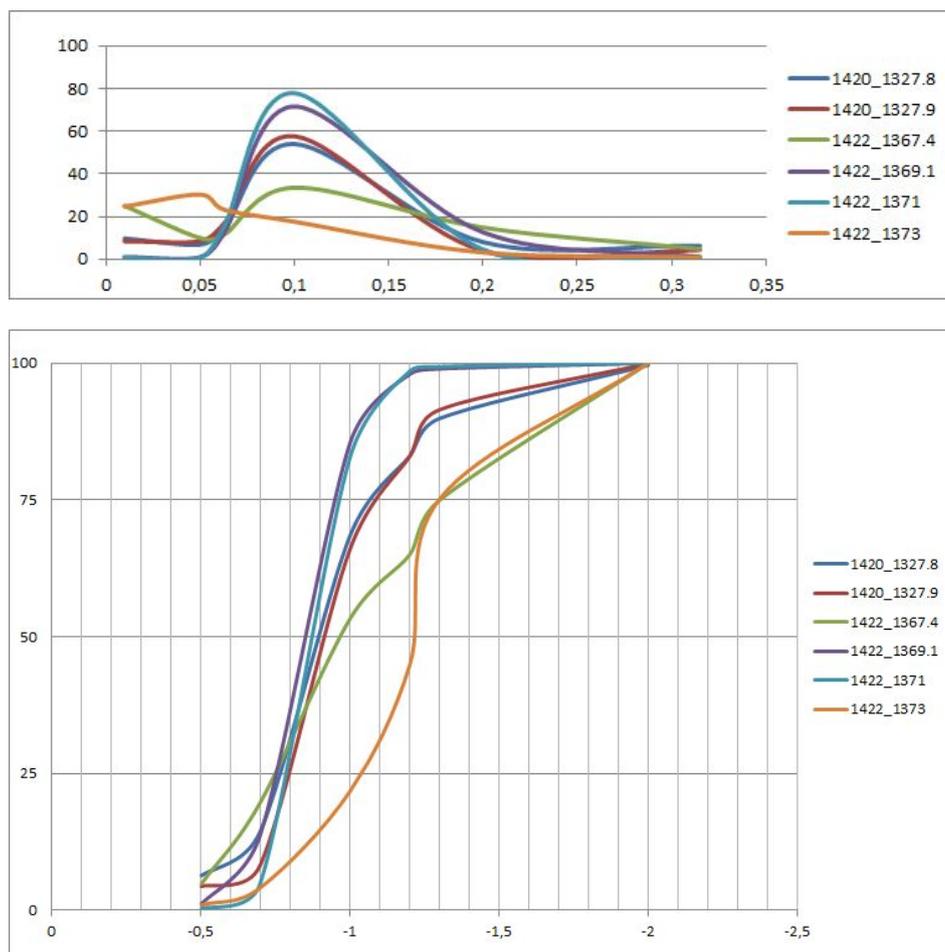


Рис. 7. Диаграмма кривых распределения размерных фракций и кумулятивные кривые скв. 1420 и 1422

локализованы в пределах двух зон – I и IV, причем в количественном отношении точек, отмечающих фации рек и направленных течений, несколько больше. К аналогичному мнению пришел и А.В. Кузнецов, который гранулометрические коэффициенты радаевско-бобриковских пород рассматривал на диаграмме Л.Б. Рухина [7]. О том же в своей работе [8] говорит Н.Г. Нургалиева. Согласно полученным ею результатам по Пионерскому месторождению РТ, «бобриковские мелкозернистые песчаники и алевролиты 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)» [8, с. 189].

В рамках настоящей работы также был проведен рентгенодифрактометрический анализ. Результаты анализа (табл. 1) не явились определяющими в работе, поэтому приводятся для ознакомления. Присутствие кальцита в скв. 1177 указывает на факт частичной потери пластового давления пластом при разработке.

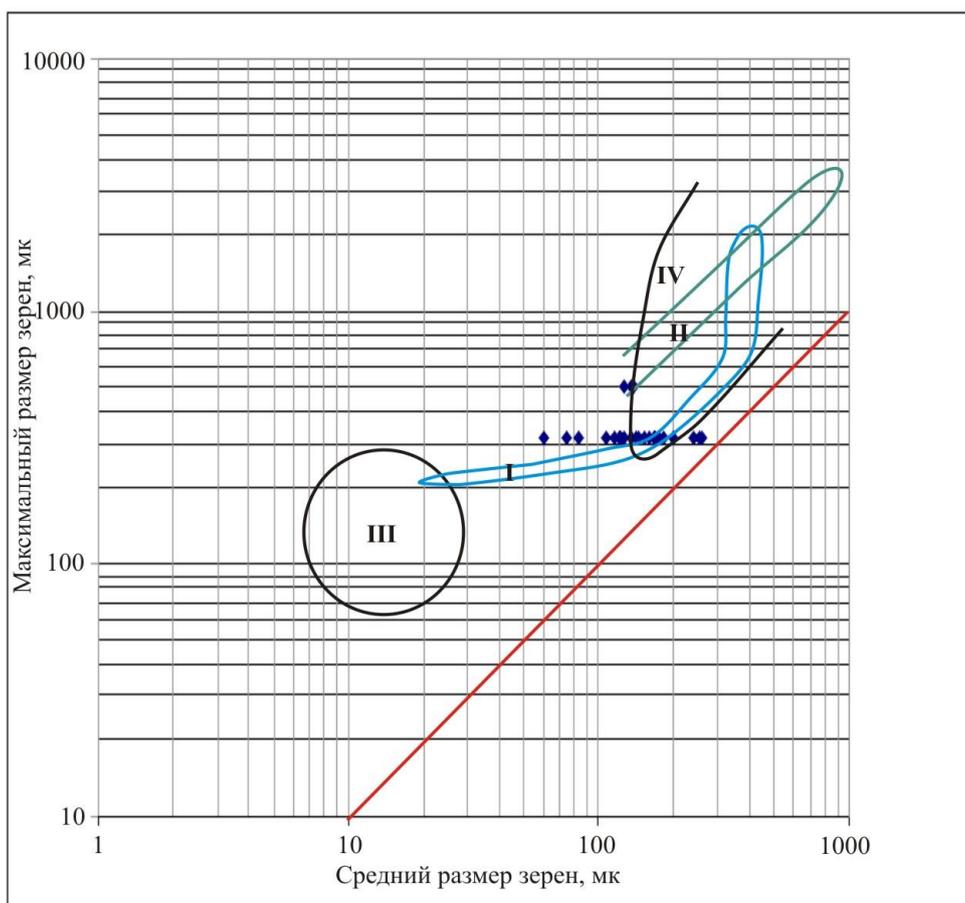


Рис. 8. Генетическая диаграмма Р. Пассега. Составила С.Е. Валеева. Обозначения: I – реки и направленные течения, II – мутьевые течения, III – фация осадков спокойной воды, IV – фация пляжа

Табл. 1

Содержание элементов по результатам рентгенодифрактометрического анализа

Элемент	№ пробы			
	1177-4	1177-7	1420-2	1420-6
Содержание, %				
Halite	следы			
Gypsum	2			2.16
Pyrite	2		1.28	3.24
Muscovite	4		7.61	15.21
Calcite	11.5	1.54		
Sanidine	14	12.37	7.33	7.78
Quartz	65.5	83.70	78.01	62.75
Kaolinite		2.39	4.52	8.85
Anhydrite			1.26	

Скважина расположена в своде поднятия, и предполагается, что в числе первых ощутила на себе падение давления с начала разработки. Присутствие пирита в скв. 1420 незначительно и не может интерпретироваться в данном случае как индикатор древнего ВНК. Обнаружение в нефтенасыщенном песчанике галита указывает на то, что пластовые воды нефтяной залежи относятся к застойной зоне водообмена, обогащенной ионами Na^+ и Cl^- . Галит, вероятно, образовался в результате выпадения из пересыщенного пластового раствора.

В качестве заключения отметим, что в настоящей работе проведено исследование по восстановлению условий осадконакопления и определению фаций в бобриковско-радаевских отложениях на территории восточного борта Мелекесской впадины на основе методики обработки гранулометрического состава пород и его генетической интерпретации. Исходным материалом для проведения научной работы послужили данные по исследованию керна.

В результате проведенных исследований установлены основные особенности палеогеографической обстановки того времени. Анализ данных показал, что радаевские и бобриковские осадки являются преимущественно отложениями следующих фациальных зон – рек, направленных течений и пляжа. Таким образом, доказано положение о существовании в визейское время речных систем и их дельт на восточном борту Мелекесской впадины. Основной сток этих вод осуществлялся в опресненные остаточные водоемы Камско-Кинельской системы.

Литература

1. Рухин Л.Б. Основы литологии. Учение об осадочных породах. – Л.: Недра, 1969. – 740 с.
2. Шакиров А.Н. Геологические основы применения методов увеличения нефтеотдачи в продуктивных отложениях палеозоя Татарстана. – СПб.: Недра, 2003. – 372 с.
3. Коваль С.А., Войцеховский Г.В. Компьютерная обработка результатов гранулометрического анализа и их генетическая интерпретация. – Воронеж: ВГУ, 2001. – 35 с.
4. Методические указания подробному гранулометрическому анализу седиментационным способом / Под общ. ред. К.К. Гостинцева. – Л.: ВНИГРИ, 1989. – 191 с.
5. Успенский Б.В., Валеева И.Ф. Геология месторождений природных битумов Республики Татарстан. – Казань: Изд-во ООО «ПФ «Гарт», 2008. – 349 с.
6. Валеева С.Е. О типе залежей в бобриковских отложениях // Сб. науч. тр. молодых ученых (по материалам I Республ. молодежной экол. конф., г. Казань, 10–11 апр. 2014 г.). – Казань: Отечество, 2014. – С. 275–282.
7. Ларочкина И.А. Палеогеоморфологическая обстановка осадконакопления радаевско-бобриковских отложений и её влияние на размещение ловушек нефти на территории Татарской АССР: Дис. ... канд. геол.-мин. наук. – М., 1986. – 175 с.
8. Нургалиева Н.Г., Нуриев А.Г., Королев Э.А.. Вещественный состав и структурно-текстурные особенности пород бобриковских нефтеносных отложений одной «врезовой» зоны восточного борта Мелекесской впадины // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2009. – Т. 151, кн. 3. – С. 180–191.

Поступила в редакцию
18.06.15

Валеева Светлана Евгеньевна – студент Института геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *ssalun@mail.ru*

Баранова Анна Геннадьевна – научный сотрудник, Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, г. Казань, Россия.

Успенский Борис Вадимович – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии нефти и газа им. А.А. Трофимука, Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия.

E-mail: *borvadus@rambler.ru*

* * *

INFLUENCE OF THE SEDIMENTATION CONDITIONS ON THE FORMATION OF RESERVOIR ROCKS OF THE BOBRIKOVSKO-RADAEVSKIAN DEPOSITS

S.E. Valeeva, A.G. Baranova, B.V. Uspensky

It is important to study the core materials from wells not only to determine the reservoir properties of rocks and fluids containing them, but also to recover the history of accumulation of the studied sediments. Thus, one of the most popular methods of recovery of the paleogeographic conditions of sedimentation is based on the particle size distribution coefficients, as well as charts and graphs resulting from their interpretation. This paper presents the data from studying the particle size distribution by determining the particle size distribution coefficients and their interpretation, also with the help of the Passega diagrams. Using this methodology, a genetic interpretation of sandy sediments, which form the Bobrikovskian reservoir layers, is obtained. The conditions of their sedimentation are revealed.

Keywords: Bobrikovskian horizon, particle size distribution, incisions, deposit, reservoir properties.

References

1. Rukhin L.B. Fundamentals of Lithology. Doctrine of Sedimentary Rocks. Leningrad, Nedra, 1969. 740 p. (In Russian)
2. Shakirov A.N. Geological Basis for Application of Methods of Oil Recovery Enhancement in the Productive Paleozoic Sediments of Tatarstan. St. Petersburg, Nedra, 2003. 372 p. (In Russian)
3. Koval S.A., Wojciechowski G.V. Computer Processing of the Results of Particle Size Analysis and Their Genetic Interpretation. Voronezh, Voronezh. Gos. Univ., 2001, 35 p. (In Russian)
4. Gostintsev K.K. (Ed.) Guidelines for the Fractional Sedimentation Particle Size Analysis Method. Leningrad, VNIGRI, 1989. 191 p. (In Russian)
5. Uspensky B.V., Valeeva I.F. Geology of Solid Bitumen Deposits of the Republic of Tatarstan. Kazan, Izd. PF Gart, 2008, 349 p. (In Russian)
6. Valeeva S.E. On the type of deposits in the Bobrikovskian sediments. *Sb. nauch. tr. molodykh uchenykh (po materialam I Respubl. molodezhnoi ekol. konf., g. Kazan', 10–11 apr. 2014 g.)* [Collection of Scientific Papers of Young Scientists (Proc. I Repub. Youth Environ. Conf., Kazan, April 10–11, 2014)]. Kazan, Otechestvo, 2014, pp. 275–282. (In Russian)
7. Larochkina I.A. Paleodepositional environment of sedimentation in the Radaevsko-Bobrikovskian deposits and its impact on the placement of oil traps at the territory of the Tatar ASSR. *Cand. Geol.-Mineral. Sci. Diss.* Moscow, 1986. 175 p. (In Russian)
8. Nurgalieva N.G., Nuriev A.G., Korolev E.A. Lithological composition and structure of Bobrikovskian oil-bearing rocks within one incised valley zone of eastern slope of Melekess Depression. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, 2009, vol. 151, no. 3, pp. 180–191. (In Russian)

Received
June 18, 2015

Valeeva Svetlana Evgen'evna – Student, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *ssalun@mail.ru*

Baranova Anna Gennad'evna – Research Fellow, Institute for the Problems of Ecology and Sub-surface Resources Management, Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia.

Uspensky Boris Vadimovich – Doctor of Geology and Mineralogy, Professor, Department of Oil and Gas Geology Named after Academician A.A. Trofimuk, Kazan Federal University, Kazan, Russia.

E-mail: *borvadus@rambler.ru*