

ВЛИЯНИЕ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЕРХНЕВАСЮГАНСКОЙ ПОДСВИТЫ НА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА КОЛЛЕКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ КАЗАНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

К.В. Габова^{1,2}, К.В. Шенделева²

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, GabovaKV@npiineft.tomsk.ru

²Томский научно-исследовательский и проектный институт нефти и газа, Томск

В связи с планированием в ближайшее время ввода новых скважин нефтегазоконденсатного Казанского месторождения проведены детальные литологические исследования продуктивных отложений верхневасюганской подсвиты с целью выявления особенностей пород-коллекторов и их влияния на фильтрационно-емкостные свойства.

Казанское нефтегазоконденсатное месторождение расположено в Парабельском районе Томской области. В регионально-тектоническом отношении месторождение находится в центральной части Казанского куполовидного поднятия, приурочено к одноименному локальному поднятию, расположенному в восточной части Ньюрольской впадины. В геологическом строении месторождения принимают участие породы палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов. Доюрский фундамент представлен разнообразными по вещественному составу породами: зеленокаменными измененными плагиоклазовыми порфиритами, доломитизированными известняками и метаморфизованными песчаниками. Разрез осадочных отложений начинается с пород юрского возраста, представленных тюменской, васюганской, георгиевской и баженовской свитами (Запивалов, 1970). Объектом исследования были выбрана верхневасюганская подсвита, в которой на изучаемом месторождении выделяются песчаные пласты Ю₁¹ и Ю₁².

По стандартным методикам был исследован керн ряда скважин, проведен детальный петрографический и литолого-фациальный анализы. Детальное литологическое описание керна выполнялось после процедуры продольной распиловки керна сверху вниз по разрезу от начала керна. Количественный минералогический и гранулометрический анализ в шлифах из песчано-алевритовых пород проводился по общепринятой методике (Черников, 1970) на поляризационном микроскопе Olympus BX51.

По данным детального макроописания керна, пласт Ю₁¹ представлен песчаниками средне-, средне-мелкозернистыми с горизонтальной и косо́й слоистостью, подчеркнутой намывами слюдисто-углисто- и глинистого материала, биотурбированными, с редкими глинистыми шлейфами, формировавшимися в условиях нижнего пляжа, реже приливных каналов и дельт. Подстилают пласт Ю₁¹ приморские угли, глинисто-алевритовые интенсивно биотурбированные породы маршей и прослои ракушняка, характерные для прибрежно-морской обстановки — условий лагуны и лагунного пляжа. Пласт Ю₁² представлен песчаниками тонко- и мелко-тонкозернистыми с частыми глинистыми шлейфами, вверх по разрезу более биотурбированными, сформированными в условиях приливных каналов и дельт, с постепенным переходом к отложениям нижнего пляжа. Отмечаются горизонтальные и косые намывы слюдисто-углисто-глинистого вещества и сидерита, а также редкие глинистые интракласты и стяжения пирита. Нефтенасыщение в песчаниках обоих пластов проявлено в степени от слабой до сильной (цвет, запах, свечение в УФ-свете). Толщина горизонта Ю₁¹ изменяется от 1 м в северной части месторождения до 11 м в его южной части. Горизонт Ю₁² распространен повсеместно и имеет более выдержанную мощность от 8 до 12 м.

В результате петрографических исследований установлено, что пласт Ю₁¹ представлен мелко- и средне-мелкозернистыми очень хорошо сортированными песчаниками (табл. 1). Микротекстура однородная. По составу песчаники мезомиктовые кварцевые (рис. 1). В пласте Ю₁² структура пород меняется от средне- и мелкопсаммитовой до алевропсаммитовой тонкозернистой. Сортировка от средней до очень хорошей. Для пород характерна однородная

микротекстура, местами встречается микрослоистая, обусловленная субпараллельной ориентировкой прожилков органического вещества и пятнистой сидеритизацией. По составу породы отнесены к полевошпато-кварцевым граувакковым песчаникам. Обломки пород в разрезах обоих пластов представлены слюдистыми, кремнистыми, слюдисто-кремнистыми и глинистыми породами, эффузивами различного состава, слюды единичны (Логвиненко, 1984; Фролов, 1992; Бетхер, 2007).

В пределах изучаемого разреза в обоих пластах коэффициент пористости ($K_{по}$) весьма стабилен и варьирует в малых пределах (7–22%), в отличие от коэффициента проницаемости (рис. 2). Значения коэффициента проницаемости в породах пласта Ю₁¹ изменяются в широких пределах ($2-507 \times 10^{-3}$ мкм²), в то время как в породах пласта Ю₁² значения его однородны ($0,1-28 \times 10^{-3}$ мкм²) и имеют коэффициент корреляции с пористостью 0,79 и 0,68, соответственно. Песчаники пластов Ю₁¹ и Ю₁² являются коллекторами порового типа средней и пониженной емкости III и IV класса соответственно (по классификации А.А. Ханина и М.И. Колосковой) (Ханин, 1969).

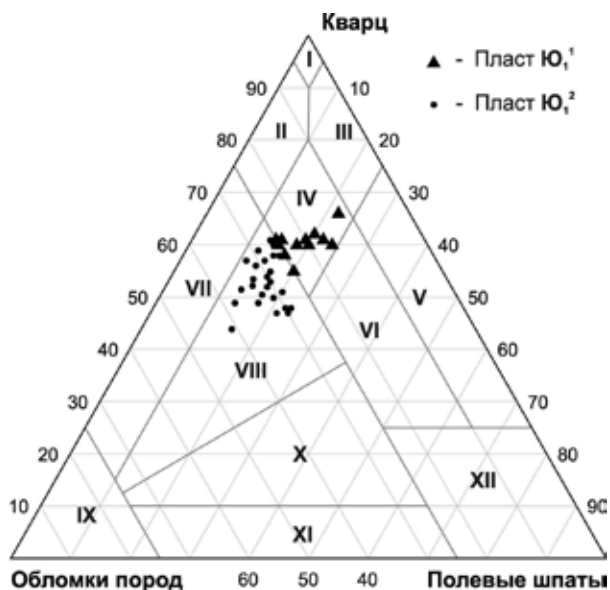


Рис. 1. Классификационная диаграмма В.Д. Шутова с фигуративными точками составов песчаников для пластов Ю11 и Ю12. Поля на диаграмме: I — песчаники мономиктовые кварцевые, II — кремнекласитокварцевые, III — полевошпат-кварцевые, IV — мезомиктовые кварцевые, V — собственно аркозовые; VI — граувакковые аркозы; VII — граувакки кварцевые, VIII — полевошпат-кварцевые, IX — собственно граувакки; X — граувакки кварц-полевошпатовые, XI — полевошпатовые; XII — песчаники не терригенного происхождения.

Таблица 1. Сравнительная таблица усреднённых основных литологических свойств песчаников пластов Ю₁¹ и Ю₁²

свойства песчаников		пласт	
		Ю ₁ ¹	Ю ₁ ²
медианный диаметр, мм		0,23 (0,19-0,28)	0,20 (0,11...0,30)
сортированность		1,37	1,88
состав, %	кварц	61 (60...62)	50 (48...51)
	ПШ	18 (15...20)	19 (17...23)
	ОП (включая слюды)	21 (18-24)	31 (29...33)
размер пор, мм		0,11 (0,02...0,20)	0,07 (0,01...0,13)
цемент, %	кальцитовый	8 (2...13)	15 (1,2...27,4)
	каолиновый	11 (10...13)	1,2
	гидросланюдистый	2,4	7,5 (6,6...8,2)
	сидеритовый	-	5 (2,5...7,0)
тип цемента		Поровый, пленочно-поровый	Поровый, пленочно-поровый
микротекстура		однородная	однородная, микрослоистая
пористость, %		24,2	14,5
проницаемость, мД		154,2	8,2
обстановка осадконакопления (по убыванию доли в разрезе)		нижний пляж, приливный канал, приливная дельта	приливная дельта, приливный канал, нижний пляж

Примечание. В скобках указаны минимальные и максимальные значения.

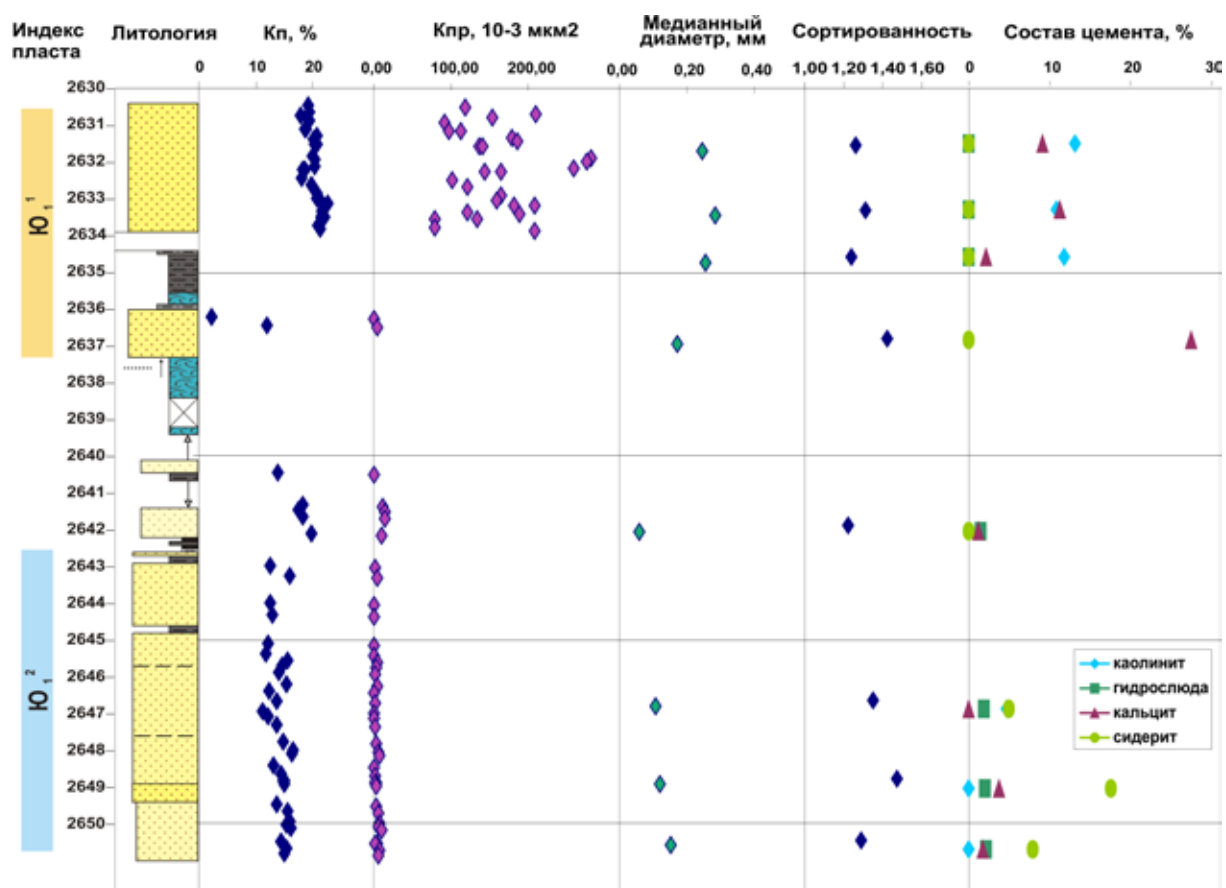


Рис. 2. Графики изменения литологических и петрофизических параметров с глубиной

Для выяснения причины неравномерности распределения пористости и проницаемости по разрезу необходимо выявить зависимости этих свойств от гранулометрического состава пород, степени их сортированности и вещественного состава обломочной части и цемента. Для решения данной задачи были рассчитаны парные коэффициенты корреляции (табл. 2) и построены диаграммы.

В песчаниках пласта Ю_1^1 пористость представлена межзерновыми сообщающимися порами удлиненной заливообразной формы размером 0,02–0,20 мм, полуизолированными и изолированными порами, распределенными неравномерно. Отмечаются частые микропоры в каолиновом цементе и внутризерновые растворения ПШ и обломков пород. Цемент порового типа представлен кальцитом (2–13 %) и каолинитом (10–13 %) и имеет неравномерное распределение. В меньшей степени в породах присутствует гидрослюдистый цемент (2,4 %) пленочно-порового типа. Пористость в песчаниках пласта Ю_1^2 образована межзерновыми сообщающимися порами прямоугольной, удлиненной и щелевидной формы, а также изолированными и полуизолированными порами размером 0,01–0,13 мм. Отмечены редкие микропоры в каолиновом цементе и внутризерновые поры растворения полевых шпатов и обломков пород. Цемент поровый кальцитовый (1,2–27,4 %) и каолиновый (1,2 %), а также пленочно-поровый гидрослюдистый (6,6–8,2 %) и сидеритовый (2,5–7 %). Коллекторские свойства пород ухудшаются с увеличением количества сидеритового и гидрослюдистого цемента, а улучшаются с увеличением доли каолинита в поровом пространстве.

Таблица 2. Парные коэффициенты корреляции петрофизических и литологических свойств песчаников пластов Ю₁¹ и Ю₁²

		Md	So	Каолинит	Гидро- слюда	Кальцит	Сидерит	Кварц	Полевые шпаты	Обломки пород
Ю ₁ ¹	К _{по}	0,82	-0,08	0,26	-	-0,66	-	0,49	0,32	-0,45
	К _{пр}	0,64	0,12	-0,07	-	-0,60	-	0,32	-0,08	-0,10
Ю ₁ ²	К _{по}	-0,05	0,02	-0,11	0,33	-0,66	-0,11	-0,26	0,37	0,08
	К _{пр}	0,31	-0,02	-0,19	0,50	-0,26	-0,17	-0,39	0,47	0,20

Примечание. Критическое значение коэффициента корреляции 0,497 (при P<0,05). Жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции.

Анализ зависимостей показал, что при большем медианном диаметре зерен пористость осадков значительно увеличивается (рис. 3). Проницаемость, так же как и пористость, имеет прямую зависимость от размера зерен. На изучаемом месторождении плохо отсортированные материалы в отличие от хорошо отсортированных характеризуются меньшей пористостью и проницаемостью. Обычно размер зерен в породах различен, что позволяет меньшим зернам располагаться в порах, образованных большими, с уменьшением при этом величины пористости. Отмечена прямая зависимость пористости от содержания обломочного кварца, выраженная в увеличении пористости с его возрастанием (рис. 4). Из этого следует, что в более зрелых песчаниках пористость выше, и это положительно влияет на коллекторские свойства. С увеличением количества полевых шпатов и обломков пород в песчаниках пласта Ю₁² пористость незначительно понижается.

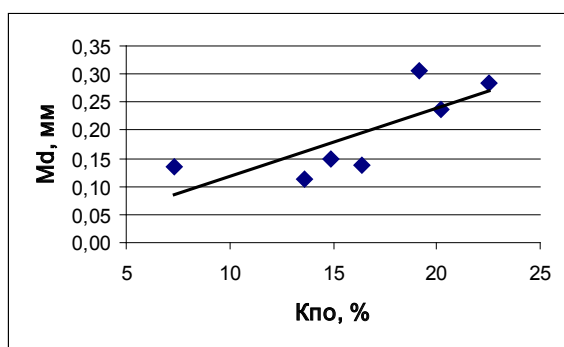


Рис. 3. Зависимость пористости от размерности зерен

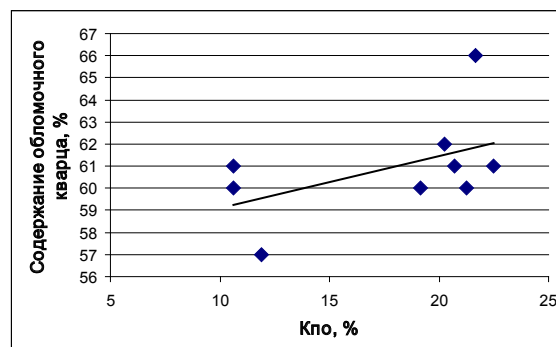


Рис. 4. Зависимость пористости от содержания обломочного кварца

Величина пор песчано-алевритовых пород сильно колеблется в зависимости от величины и формы зерен, плотности укладки и цементированности зерен. Среди контактов пласта Ю₁¹ преобладают точечные и линейные, реже встречаются изолированные и конформные. Породы пласта Ю₁² уплотнены в сильной или умеренной степени, среди межзерновых контактов преобладают линейные и точечные, в меньшей степени развиты конформные и изолированные.

Сравнительный анализ литологических особенностей двух пластов показал, что они заметно отличаются друг от друга — прежде всего составом обломочной части: породы пласта Ю₁¹ минералогически являются существенно более «зрелыми». В то же время однообразный состав обломков пород в исследуемых пластах указывает на постоянный источник сноса в процессе седиментации. Кроме изменения в составе, замедление седиментации привело к некоторому увеличению зернистости песчаников пласта Ю₁¹, улучшению их сортированности, изменению состава и типа цементов, что способствовало преобразованию структуры порового пространства. Это, в свою очередь, и стало основной причиной улучшения пористости и проницаемости пород пласта Ю₁¹. Другой причиной улучшения фильтрационно-емкостных свойств пласта Ю₁¹, возможно, могли послужить наложенные вторичные изменения, изучение которых на данном этапе исследований не проводилось. Таким образом, анализ результатов литологических и петрофизических исследований подтвердил существование зависимости коллекторских свойств от структуры и вещественного состава пород.

Литература

Бетхер О.В., Володина И.В. Осадочные горные породы. Учебное пособие. Томск: Изд-во НТЛ, 2007. 172 с.

Запивалов Н.П., Минько В.А. Геологическое строение Казанского газоконденсатного месторождения // Нефть и газ Тюмени. Тр. ЗапСибНИГНИ. Тюмень, 1970. Вып. 6. С. 39–43.

Запивалов Н.П., Минько В.А. Новые данные о геологическом строении Казанского газоконденсатного месторождения // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Зап. Сибири. Томск: ТГУ, 1970. Вып. 5. С. 27–32.

Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород с основами методики исследования. М.: Высшая школа, 1984. 414 с.

Фролов В.Т. Литология. М.: Изд-во МГУ, 1992. Кн. 1 — 336 с.; Кн. 2 — 430 с.

Ханин А.А. Породы-коллекторы нефти и газа и их изучение. М.: Изд-во «Недра», 1969. 368 с.