

# Анализ литолого-петрографических характеристик образцов керна эколого-гидрогеологических скважин

**М.В. Петрова**

студент

[Peter.mil@yandex.ru](mailto:Peter.mil@yandex.ru)

К(П)ФУ, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Казань, Россия

**В статье рассматриваются результаты анализа коллекторских свойств образцов керна сакмарских, уфимских и казанских отложений, полученных при бурении и опробовании наблюдательных скважин на территории залежей сверхвязких нефтей для изучения гидрогеологических условий.**

## Материалы и методы

Материалом послужили результаты отбора и обработки образцов керна наблюдательных скважин на 9 перспективных поднятиях разработки сверхвязких нефтей для организации гидромониторинга подземных вод. Были выделены интервалы отбора керна, в соответствии с интервалами опробования наблюдательных скважин, выбраны необходимые характеристики образцов керна для дальнейшей оценки их коллекторских свойств. Выполнен анализ характеристик как по геологическому разрезу, так и по площади распространения залежей сверхвязких нефтей.

## Ключевые слова

залежь, сверхвязкая нефть, наблюдательная скважина, пористость, плотность, проницаемость, карбонатность

В связи с сокращением запасов углеводородного сырья в ПАО «Татнефть» все больше внимания уделяется сверхвязким нефтям (СВН) и природным битумам как альтернативным источникам топливно-энергетического сырья. По оценкам ученых Казанского Университета и института «ТатНИПнефть», суммарные запасы и ресурсы СВН Татарстана соизмеримы с запасами жидких нефтей; сосредоточены на небольшой глубине (приурочены к пермским отложениям) и относятся к трудноизвлекаемым, что обусловлено высокой вязкостью сырья и низкой битумонасыщенностью залежей.

В 2005 г. в ПАО «Татнефть» была принята программа по освоению запасов СВН, в соответствии с которой в 2006 г. начаты опытно-промышленные работы на одном из месторождений. Запасы СВН залегают в отложениях уфимского яруса нижней перми, в зоне активного водообмена. В этом же разделе осадочной толщи сконцентрированы основные запасы пресных подземных вод. Покрышкой для залежей является региональный водоупорный слой «лингуловые глины». Из залегающих выше казанских водоносных горизонтов осуществляется водоснабжение населенных пунктов региона. Постановка эколого-гидрогеологических исследований на месторождениях вызвана необходимостью изучения и уточнения геологического строения и гидрогеологических условий залежей СВН, прогнозированию возможных экологических последствий.

Песчаная пачка уфимских (шешминских) отложений является продуктивной и достаточно хорошо изучена в процессе проведения поисковых и оценочных работ на территории разрабатываемых поднятий СВН и перспективных залежей Черемшано-Бастрыкской зоны (ЧБЗ). Геологическое и гидрогеологическое строение выше и ниже залегающих отложений изучалось в 70–80 гг. отрывочно, попутно, работы носили региональный характер. Детальные гидрогеологические исследования проводились лишь на одном из поднятий.

Осваиваемые поднятия ЧБЗ являются слабоизученными в гидрогеологическом отношении, особенно верхняя часть разреза, которая, в первую очередь, требует особого внимания с позиции экологического контроля. В связи с началом освоения поднятий СВН ЧБЗ изучение геологического строения и гидрогеологических условий возобновилось при решении экологических задач и постановке мониторинга окружающей среды. Получение гидрохимических и гидродинамических характеристик выше и ниже залегающих отложений относительно продуктивного, позволяет оценивать состояние пресных вод и геологической среды. Создание системы и ведение гидромониторинга

реализуется во исполнение условий лицензионного соглашения на разведку и разработку ЧБЗ в части мониторинга геологической среды.

В 2011 г. в контуре залежи СВН пробурено 6 эколого-гидрогеологических скважин для наблюдений за водоносными горизонтами верхнеказанского, нижнеказанского подъярусов. В 2014–2015 гг. была создана режимная сеть наблюдений за подземными водами на каждом из перспективных поднятий путем бурения кустов скважин [1]. Для изучения геологического строения разреза, выделения опробуемых интервалов водоносных горизонтов одна из скважин куста проходит с полным отбором керна до вскрытия первого от подошвы уфимских отложений водоносного горизонта сакмарских отложений, анализом керна для изучения покрышки «лингуловые глины» и других водоносных и водоупорных слоев и проведением геофизических исследований в ней по всему стволу скважины. На основании полученных результатов анализа керна, для расчленения разреза и результатов геофизических работ по выделению водоносных интервалов, проводится разбуривание и опробование остальных скважин куста.

Основной интерес с позиции гидрогеологии представляют водоносные горизонты нижнеказанских отложений, т.к. они являются вышележащими относительно продуктивного. Отложения нижнеказанского подъяруса вскрыты на всех поднятиях, опробованы породы «среднеспириферовый известняк» и «верхнеспириферовый известняк». Верхнеказанские отложения вскрыты и изучены на поднятиях №1 и 2, неогеновые – на поднятии №8, а также получена информация по сакмарским отложениям на поднятиях №6 и 8. Отложения песчано-глинистой пачки уфимских отложений вскрыты на поднятиях №4, 5, 6, 7.

Пермские отложения в объеме двух отделов (нижний и средний) имеют сложное строение. Породы сакмарского яруса также залегают на отложениях ассельского яруса и представлены доломитами и известняками.

Нижнепермские отложения включают в себя также и уфимский ярус. В уфимском ярусе выделяются две пачки: нижняя песчано-глинистая и верхняя песчаная.

Песчано-глинистая пачка ( $P_1u_2^1$ ) сложена в основном глинами красновато-коричневыми, алевролитами: глинистыми, зеленовато-серыми, красновато-коричневыми и песчаниками. Литологически, песчаная пачка ( $P_1u_2^2$ ), к которой приурочены залежи СВН, представлена песчаниками буровато-темно-серыми и зеленовато-серыми (в зависимости от степени пропитки густой нефтью), полимиктовыми, мелкозернистыми, известковистыми.

Поднятие/ Порода	Возраст	Интервал опробования/ Интервал отбора керна, м	Пористость открытая, %	Объемная плотность, 10 <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>	Подвижная вода, %	Проницае- мость по газу, 10 <sup>-3</sup> мкм <sup>2</sup>	Карбонат- ность, %	Содержание кальцита Содержание СаО, %
<b>Поднятие №1</b>								
Песчаник	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>1</sup>	119,0–129,0 118,0–129,0	12–28	1,9–2,3	15,4–73,4	0,9–1698	12,8–15,8	-
<b>Поднятие №2</b>								
Песчаник	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	42,0–45,0 42,0–46,0	10,7	2,5	23,5	20,2	5,8	-
Песчаник	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	75,0–95,0 75,0–90,0	4,2–19,5	2,1–2,4	13,8–47,1	2,0–18,9	12–15	-
Известняк	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>1</sup>	175,0–185,0 166,0–181,0	10,4–18,0	2,2–2,5	6,1–48,2	8,2–13,7	-	81,2/47,8
<b>Поднятие №3</b>								
Песчаник	P <sub>2</sub> kz <sub>2</sub>	42,0–45,0 40,6–44,6	29,3	1,8	89,0	1123	-	-
Известняк	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	95,0–100,0 98,4–102,6	23,3	1,9	72,2	335,5	-	26,5/36,0
Известняк	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>1</sup>	132,0–141,0 131,8–138,0	11,2–13,0	2,3–2,4	35,9–36,7	1,5–1,9	-	73,4/46,1
<b>Поднятие №4</b>								
Песчаник	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	20,0–27,0 19,0–23,0	11,9	2,4	49,4	0,2	8,3	-
Известняк	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>1</sup>	114,0–120,0 63,0–67,2	17,9	2,2	11,0	7,0	-	-
Песчаник	P <sub>1</sub> uf <sub>2</sub> <sup>1</sup>	114,0–120,0 113,0–117,0	19,2	2,2	38,5	246,4	12,5	-
<b>Поднятие №5</b>								
Известняк	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>1</sup>	50,0–54,0 46,2–50,4	6,3	2,2	48,8	0,1	-	57,6/40,5
Известняк	P <sub>1</sub> uf <sub>2</sub> <sup>1</sup>	99,0–107,0 113,0–117,0	19,0	3,0	16,0	283,0	-	-/37,3
<b>Поднятие №6</b>								
Песчаник	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	46,0–56,0 46,0–49,0	10,7–16,3	2,0–2,2	-	11,2–420,4	18,8	-
Известняк	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>1</sup>	78,8–84,6 83,0–84,8	6,8	2,3	-	20,2	-	53,6/53,2
Песчаник	P <sub>1</sub> uf <sub>2</sub> <sup>1</sup>	130,0–138,0 130,8–134,0	-	-	-	-	1,7–22,8	-
Доломит	P <sub>1</sub> s	175,0–181,0 175,8–181,0	3,8–11,3	2,3–2,4	-	-	-	11,1/33,7
<b>Поднятие №7</b>								
Песчаник	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	34,5–41,7 33,3–36,3	25,8	1,7	45,3	141,8	13,7	-
Песчаник	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>1</sup>	141,3–144,9 113,0–115,0	20,3	2,0	64,8	12,0	26,2	-
Песчаник	P <sub>1</sub> uf <sub>2</sub> <sup>1</sup>	173,6–184,5 181,2–183,2	7,9	2,2	15,8	27,5	17,1	-
Доломит	P <sub>1</sub> s	225,0–235,0 222,0–225,0	6,7	2,5	34,8	27,9	-	21,8/36,2
<b>Поднятие №8</b>								
Песчаник	N <sub>2</sub>	37,2–48,5 36,0–40,0	-	-	-	-	17,9	-
Известняк	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>1</sup>	92,7–96,1 95,0–98,0	7,9	2,2	37,6	-	-	63,1/40,4
<b>Поднятие №9</b>								
Песчаник	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>2-3</sup>	47,0–126,0 56,0–109,0	4,2–18,6	2,0–2,4	33,2–53,8	-	10,9–21,0	-
Известняк	P <sub>2</sub> kz <sub>1</sub> <sup>1</sup>	145,0–149,0 145,0–147,0	4,4	2,6	25,6	-	-	61,7/40,2

Таб. 1 — Сравнительная характеристика свойств образцов керна наблюдательных (эколого-гидрогеологических) скважин на поднятиях СВН

К среднему отделу относится казанский ярус, представленный отложениями нижеказанского и верхнеказанского подъярусов. Нижеказанский подъярус ( $P_2kz_1$ ) подразделяется на байтуганскую, камышлинскую и барбашинскую толщи. Мощность нижеказанских отложений в наиболее полных разрезах достигает 122 м.

Байтуганская толща ( $P_2kz_1^1$ ) делится на глинистую нижнюю и верхнюю известняковую пачки. Нижняя пачка, именуемая «лингуловыми глинами», слагается глинами стально-серыми, известковистыми, с раковинками лингул, с обуглившимися растительными остатками, с кристаллами пирита. В основании «лингуловых глин», на границе кровли уфимского яруса, встречается прослой известняка (до 0,10 м) органогенного, с перематой мелкой фауны криноидей, мшанок, часто битуминозного.

Верхняя пачка слагается известняками темно-серыми, глинистыми, с многочисленными раковинами спирифер и других брахиопод, иногда с кавернами, заполненными густой, очень вязкой нефтью, именуемой «среднеспириферовым известняком». К «среднеспириферовому известняку» приурочен нижеказанский локально-водоносный горизонт ( $P_2kz_1^1$ ). Отложения байтуганской толщи перекрываются породами камышлинской толщи ( $P_2kz_1^2$ ).

Камышлинская толща представлена двумя пачками. Нижняя пачка сложена переслаивающимися песчаниками и глиной. Песчаник светло-зеленый, среднезернистый, иногда сильно глинистый, косослоистый. Глина темно-зеленая, плотная, с раковинистым изломом, с включениями кристалликов пирита, с остатками обуглившихся растительных остатков. В подошвенной части в глинах встречаются редкие загипсованные раковины спирифер.

Верхняя пачка горизонта сложена известняком светло-серым, частично отрицательно-оолитовым, тонкослоистым с прослойками плотной глины, с кристалликами пирита (маркирующий горизонт «верхнеспириферовый известняк»).

Выше по разрезу залегают породы барбашинской толщи ( $P_2kz_1^3$ ), в которой также повторяется цикличность двух пачек — нижней терригенной (песчано-глинистой) и верхней — карбонатно-терригенной. К отложениям барбашинской и камышлинской толщ приурочен водоносный нижеказанский карбонатно-терригенный комплекс ( $P_2kz_1^{2-3}$ ).

Верхнеказанский подъярус ( $P_2kz_2$ ) представлен в различном объеме вследствие неравномерного размыва его в предчетвертичное и четвертичное время. Общая мощность отложений меняется в широких пределах от 73 до 129 м.

Подъярус подразделяется на приказанскую, печищинскую, верхнеуслонскую и морквашинскую толщи. К этим отложениям приурочен водоносный верхнеказанский карбонатно-терригенный комплекс ( $P_2kz_2$ ).

Изучение ядра нижеказанских и верхнеказанских отложений месторождений СВН проведено впервые. Для настоящих исследований были выбраны интервалы изучения ядра в интервалах залегания водоносных пород и опробованных эколого-гидрогеологическими скважинами. Для анализа ядра выбраны следующие

петрофизические свойства: объемная плотность, открытая пористость, содержание подвижной воды, проницаемость по газу перпендикулярно напластованию. Поскольку водоносные горизонты сложены карбонатными и терригенными породами, в песчаниках анализировалась карбонатность, а для известняков — процентное содержание кальцита и СаО. В результате обработки собранных материалов, получена сравнительная характеристика коллекторских свойств отложений, в основном нижеказанского подъяруса как по поднятиям, так и по разрезу в пределах каждого изучаемого поднятия (таб. 1).

Открытая пористость верхнеказанских отложений в интервалах опробования водоносного комплекса ( $P_2kz_2$ ) изменяется от 10,7 до 29,3 % при плотности от 2,5 до  $1,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>. Нижележащие породы водоносного нижеказанского карбонатно-терригенного комплекса ( $P_2kz_1^{2-3}$ ) и нижеказанского локально-водоносного горизонта ( $P_2kz_1^1$ ) на поднятии №2 характеризуются более высокими коллекторскими свойствами с открытой пористостью песчаников до 19,5%, плотностью до  $2,4 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup> и содержанием подвижной воды до 48%. При этом проницаемость по газу выше в отложениях  $P_2kz_1^{2-3}$ . На поднятии №3 при рассмотрении коллекторских свойств сверху-вниз картина получается обратной. Наибольшей водообильностью и проницаемостью характеризуются песчаники верхнеказанского подъяруса с проницаемостью  $1123 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. Такие различные коллекторские характеристики водоносных горизонтов сверху-вниз, установленные по анализу образцов ядра, свидетельствуют о различных защитных свойствах вышележащих отложений относительно продуктивных уфимских отложений.

Низкая проницаемость по газу, меньшая пористость и большая плотность «среднеспириферового известняка» с высокими содержаниями кальцита (73,4%) по сравнению с характеристиками «верхнеспириферового известняка» на поднятии №4 свидетельствуют о достаточной защищенности зоны пресных вод снизу. Количество подвижной воды в верхнеказанских и нижеказанских отложениях («верхнеспириферовый известняк») достигает 89%, что говорит о водообильности зоны пресных вод.

Породы песчано-глинистой пачки уфимских отложений на поднятиях №5 и 6 характеризуются пористостью 19% и невысокой плотностью со значениями проницаемости по газу  $246-283 \cdot 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>, что может свидетельствовать о наличии легко разрушаемых пород снизу относительно продуктивных, а также об открытости залежи снизу со стороны песчано-глинистой пачки, ввиду отсутствия водоупорных пород в песчано-глинистой пачке и подстилающих их сакмарских отложениях.

На основе анализа содержания кальцита на всех исследуемых залежах установлено, что «среднеспириферовые известняки» ( $P_2kz_1^1$ ) на 50–80 % состоят из кальцита, что подтверждает ранее сделанные выводы о запечатанности залежей сверху [2].

Результаты рассмотрения количества подвижной воды в отложениях нижеказанского подъяруса характеризуют отложения барбашинских и камышлинских толщ ( $P_2kz_1^{2-3}$ )

как более водообильные по сравнению с байтуганскими отложениями ( $P_2kz_1^1$ ). Такая закономерность по керну установлена на поднятиях №3, 4, 7, 9. Результаты опробования указанных отложений в наблюдательных (эколого-гидрогеологических) скважинах путем проведения опытных откачек указывают на сдренированность «среднеспириферового известняка». Более высокие полученные дебиты откачек из отложений «верхнеспириферового известняка» позволяют выделить указанный водоносный комплекс ( $P_2kz_1^{2-3}$ ) в качестве основного, регионально выдержанного для постановки мониторинговых гидрохимических и гидродинамических наблюдений.

## Итоги

Наиболее возможным направлением миграции теплоносителя за пределы паровой камеры при разработке месторождений СВН являются зоны поглощения, расположенные выше по разрезу в сводовой части [3]. Результаты настоящих проведенных исследований свидетельствуют о преимущественном расположении таких коллекторов — водоносных пород в водоносном нижеказанском карбонатно-терригенном комплексе.

## Выводы

Исследование образцов ядра при бурении наблюдательных (эколого-гидрогеологических) скважин с последующим анализом литолого-петрографических характеристик позволяет: проводить детальное, слойное эколого-гидрогеологическое изучение разреза на залежах сверхвязких нефтей; учитывать полученную информацию при планировании и расширении системы гидромониторинга посредством бурения наблюдательных скважин; использовать полученные коллекторские характеристики для оценки защищенности подземных вод и залежей сверхвязких нефтей при разработке паротепловым методом.

## Список литературы

1. Гареев Р.М., Боровский М.Я., Петрова Г.И., Кубарев П.Н., Богатов В.И., Шакуров С.В., Филимонов В.Н. Разработка месторождений сверхвязких нефтей паротепловым воздействием: эколого-геофизический мониторинг // Ихлас. 2015. С. 139–144.
2. Хисамов Р.С., Гатиятуллин Н.С., Шаргородский И.Е., Войтович Е.Д., Войтович С.Е. Геология и освоение залежей природных битумов республики Татарстан. Казань: Фэн, 2007. 295 с.
3. Ахметшин А.З., Сухов К.А. Выделение в верхнепермском разрезе залежей СВН поглощающих пластов и прослеживание зон поглощения в плане с целью оценки их влияния на разработку тепловыми методами. Международная научно-практическая конференция «Трудноизвлекаемые и нетрадиционные запасы углеводородов: опыт и прогнозы», тезисы докладов. Казань, 2014

## Lithological and petrographical core samples analysis of ecological and hydrogeological wells

### Author:

**Milyausha V. Petrova** — student; [Peter.mil@yandex.ru](mailto:Peter.mil@yandex.ru)

Kazan (Volga region) Federal University, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan, Russian Federation

### Abstract

The article is concerned with the results of the reservoir properties analysis of core samples from Sakmarian, Ufimian and Kazanian deposits (chronostratigraphic analogues of ICS: Sakmarian, Upper part of Kungurian, Roadian deposits). Core samples were selected by drilling and testing observation wells in heavy oil deposits localization to research hydrogeological conditions.

### Materials and methods

Results of separation and handling of core samples from observation wells were taken from nine perspective structures with high-viscosity oil for hydro monitoring of ground waters. Intervals of selected core samples were correlated with intervals of observation

wells, essential characteristics for evaluation of reservoir qualities were selected. Core sample analysis of oilfields with high viscosity oil upon bore log and areal limit was done.

### Results

Absorption zones, located above crest of reservoir section, are considered to be the most probable area for migration of the coolant outside the steam pocket in operation of super-viscous oil field's development. The results of actual researches indicate predominate localization of such reservoirs as water-bearing formation in Lower Kazanian water-bearing carbonate-terrigenous complex.

### Conclusions

Researching core samples in operation of

observation well drilling (ecological and hydrogeological) with analysis of lithological and petrographical characteristics provides the detailed, layer by layer, ecological and hydrogeological research of high-viscosity oilfields; it is necessary to use information for planning and extending system of hydromonitoring for observation well-drilling; to use reservoir characteristics for ground waters and oilfields of high-viscosity oil protection by steam-heat methods.

### Keywords

oil deposit, high-viscosity oil, observation well, porosity, density, permeability, carbonate content

### References

- Gareev R.M., Borovskiy M.Ya., Petrova G.I., Kubarev P.N., Bogatov V.I., Shakurov S.V., Filimonov V.N. *Razrabotka mestorozhdeniy sverkhvyazkikh neftey paroteplovym vozdeystviem: ekologo-geofizicheskiy monitoring* [Field development of heavy oil steam stimulation: ecological and geophysical monitoring]. *Ihlas*, 2015, pp. 139–144.
- Khisamov R.S., Gatiyatullin N.S., Shargorodsky I.E., Voytovich E.D., Voytovich S.E. *Geologiya i osvoenie zalezhey prirodnykh bitumov Respubliki Tatarstan* [Geology and exploration of natural bitumen on the territory of Tatarstan]. Kazan: *Fen*, 2007, p.295.
- Ahmetshyn A.Z., Sukhov K.A. *Vydelenie v verhnepermskom razreze zalezhey SVN pogloshaushikh plastov i proslezhivanie zon poglosheniya v plane s cel'u ocenki ikh vliyaniya na razrabotku teplovymi metodami* [Super-viscosity oil reservoir indication of absorbing layers in High Permian section and tracking absorption zones to estimate their influence on the development by steam-heat methods]. International research-to-practice conference "Difficult and non-conventional oil reserves: experience and geological targeting", scientific conference reports. Kazan, 2014.



## КОНФЕРЕНЦ НЕФТЬ

Т./ф.: +7 (3412) 43-53-86  
+7-912-751-47-92  
[info@konferenc-neft.ru](mailto:info@konferenc-neft.ru)  
[www.konferenc-neft.ru](http://www.konferenc-neft.ru)

Эффективные ГТМ на нефтяных месторождениях.  
Увеличение нефтеотдачи.  
Технологии ОРЭ, ОРЗИД и ВСП

**14-15 сентября г. Ижевск**

Оптимальное применение  
оборудования для ОРЭ, ОРЗИД, ВСП.  
Увеличение эффективности его эксплуатации

**26-27 ноября г. Пермь**

Мероприятия будут проводиться совместно с отраслевыми издательствами: «Экспозиция Нефть Газ», «Нефтяное хозяйство», с последующей возможностью печати докладов в этих журналах, а также при поддержке Правительства Удмуртской Республики и Министерства энергетики УР. Планируется привлечь научных сотрудников университетов нефтяных факультетов.