

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/12_2020

УДК 552.578.061.4:551.762.3/.763.1(571.122)

Немова В.Д., Погодаева А.М., Ким О.О., Матюхина Т.А.

ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг», Москва, Россия, Varvara.Nemova@lukoil.com

ЛИТОЛОГО-ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОДУКТИВНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ПОЗДНЕЮРСКО-РАННЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕ-НАЗЫМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Статья посвящена разработке подходов к выделению коллекторов в таком сложном объекте, как позднеюрско-раннемеловые отложения Западной Сибири. На основании обобщения и систематизации данных лабораторных керновых исследований, геофизических исследований скважин и промысловых геофизических исследований выделены основные литологические типы пород - потенциальных коллекторов, приведена их литолого-петрофизическая характеристика, определены положение в разрезе и закономерности распределения по площади на примере Средне-Назымского месторождения. Коллекторы разделены на два типа: 1-й тип – породы с фильтрационно-емкостными свойствами, соответствующими традиционным коллекторам; 2-й тип – низкопоровые, иногда трещиноватые коллекторы, которые вовлекаются в разработку только после техногенных воздействий – солянокислотной обработки либо гидроразрыва пласта. Полученные результаты используются при планировании разработки с помощью горизонтальных скважин позднеюрско-раннемеловых отложений.

Ключевые слова: *позднеюрско-раннемеловые отложения, литотипы, результаты интерпретации геофизических исследований скважины, геохимические исследования, Средне-Назымское месторождение.*

Введение

В крупных нефтегазовых компаниях в настоящее время ведется целенаправленное изучение и поиск подходов к разработке трудноизвлекаемых запасов углеводородов. Исследуемая нефтематеринская толща позднеюрско-раннемеловых отложений Западной Сибири является потенциальным объектом наращивания добычи в регионе. Наличие коллекторов в данной толще доказано опробованиями сотен скважин и историей разработки - за более чем 60 лет добыто около 10 млн. т нефти, 415,2 тыс. т, из которых - на Средне-Назымском месторождении. Коллекторы имеют сложное строение и формируются в породах с разнообразным минеральным составом. На сегодняшний день существуют разные подходы к выделению коллекторов или экспертной оценке эффективных нефтенасыщенных толщин объекта, в частности [Петерсилье, Комар, Френкель, 2018].

Ввиду горячих споров по данному вопросу, тематика является актуальной, и обобщение фактической информации о коллекторских свойствах позднеюрско-раннемеловых отложений Западной Сибири востребовано. В статье обобщены литолого-петрофизические и промысловые данные по позднеюрским-раннемеловым отложениям Средне-Назымского

месторождения, что позволило обосновать методику интерпретации данных геофизических исследований скважин (ГИС) для построения трехмерной модели и планирования разработки данного объекта.

Исследования позднеюрско-раннемеловых отложений

Территория исследований – Средне-Назымское месторождение, расположенное во Фроловской мегавпадине Западной Сибири. Структурный план кровли позднеюрско-раннемеловых отложений является в целом унаследованным с палеозоя. Разбиение разреза позднеюрско-раннемеловых отложений на пачки [Панченко и др., 2016] проведено на основании данных ГИС и исследований керна 24 скважин. Детальная попачечная корреляция сделана для 50 наклонно-направленных скважин в пределах Средне-Назымского месторождения.

Скважинами охарактеризованы западное и восточное поднятия центральной части месторождения. Восточное поднятие наиболее разбурено, что позволило условно разбить его на северную, центральную и южную части.

Литологические исследования керна позднеюрско-раннемеловых отложений дали возможность не только провести литотипизацию отложений, но и объединить литотипы в 6 групп [Немова, 2019] по соотношению главных породообразующих компонентов: кремнисто-глинистые и глинисто-кремнистые; углеродисто-глинисто-кремнистые; углеродисто-глинисто-карбонатно-кремнистые породы; радиоляриты; вторичные карбонаты по радиоляритам; кремнисто-фосфатно-карбонатные породы, не связанные с радиоляритами.

Первые три группы литотипов обладают повышенным содержанием органического вещества (ОВ) и глинистых минералов, являются основными нефтегенерирующими породами разреза. Вторые три группы отличаются пониженным содержанием ОВ, глин, повышенной минералогической плотностью, часто присутствием связанной пористости, склонностью к образованию разветвленной системы трещин после техногенного воздействия, например, гидроразрыва пласта (ГРП), заполненной миграционно-способной нефтью, которая поступает в скважины при разработке.

Доказать последнее утверждение можно на примере изучения хлороформных экстрактов керна и нефти из позднеюрско-раннемеловых отложений. Так, в изучаемом разрезе по пиролитическим данным выделяются образцы с аномально повышенными величинами параметра S_1 по отношению к ТОС и S_2 , то есть с повышенным содержанием свободных углеводородов (показатель нефтенасыщенности $OSI=S_1*100/ТОС$, мг УВ/г ТОС, индекс продуктивности $PI=S_1/(S_1+S_2)$). Интервалы отбора этих образцов по ГИС приурочены к плотным интервалам. Для сравнения с аномальными образцами и добываемой нефтью также

выделены битумоиды из ряда образцов с «нормальным» по отношению к ТОС и S2 содержанию свободных битумоидов и изучен их молекулярный состав с помощью газохроматографического анализа.

Сопоставление звездных диаграмм экстрактов из пород с нефтью (метод резервуарной геохимии «отпечатков пальцев») одной и той же скважины показало, что наиболее близкими свойствами к нефти обладают экстракты уплотненных нефтенасыщенных интервалов разреза (рис. 1), что позволяет уверенно отнести их к потенциальным коллекторам. Данный вывод сделан ранее и другими исследователями [Дахнова и др., 2015; Скворцов и др., 2017]. Таким образом, породы с повышенной глинистостью и углеродистостью можно условно называть «нефтематеринскими», а уплотненные кремнисто-карбонатные породы – «потенциальными коллекторами» (хотя по содержанию Сорг > 1% они также относятся к нефтематеринским породам [Систематика и классификация..., 1998]).

Литолого-петрофизическая характеристика пород - потенциальных коллекторов

Литолого-петрофизическая характеристика пород - потенциальных коллекторов является ключевым фактором для планирования разработки позднеюрско-раннемеловых отложений с помощью наклонно-направленных и горизонтальных скважин. Стоит отметить, что коллекторы могут встречаться по всему разрезу, при этом максимальная их концентрация характерна для пачек 3, 2б, 2а, а также 5. Основные литологические типы пород-потенциальных коллекторов – это поровые и трещинно-поровые радиоляриты (кремнистые породы, иногда в небольшой степени карбонатизированные), коллекторы трещинного типа - вторичные карбонаты по радиоляритам (вторичные доломиты в разной степени кремнистые и вторичные известняки) и кремнисто-фосфатно-карбонатные породы, не связанные с радиоляритами. Для каждого литотипа определены фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС) на цилиндрических образцах керна газоволюметрическим методом, проведена оценка толщин по данным керна и ГИС.

Радиоляриты слабодоломитистые встречаются в пачках 5б, 3 2б, 2а и 1 восточного поднятия. Мощность пропластков варьирует в пределах 0,2-4,5 м, в среднем составляет 0,7 м по всему Средне-Назымскому месторождению. Кп меняется в пределах 0,3–24% (по данным 42 образцов керна) (рис. 2а). Среднее значение для интервала пачек 3, 2б, 2а – 6%. Более низкие значения коэффициента пористости в основном наблюдаются в кровельных и подошвенных частях пропластков. Коэффициент проницаемости Кпр определен на 39 образцах из 12 скважин и меняется от 0,001 мД (0,001-0,1 мД в кровельных и приподошвенных интервалах литотипа) до 1307 мД (см. рис. 2а). В среднем для целевого интервала Кпр составляет 65 мД.

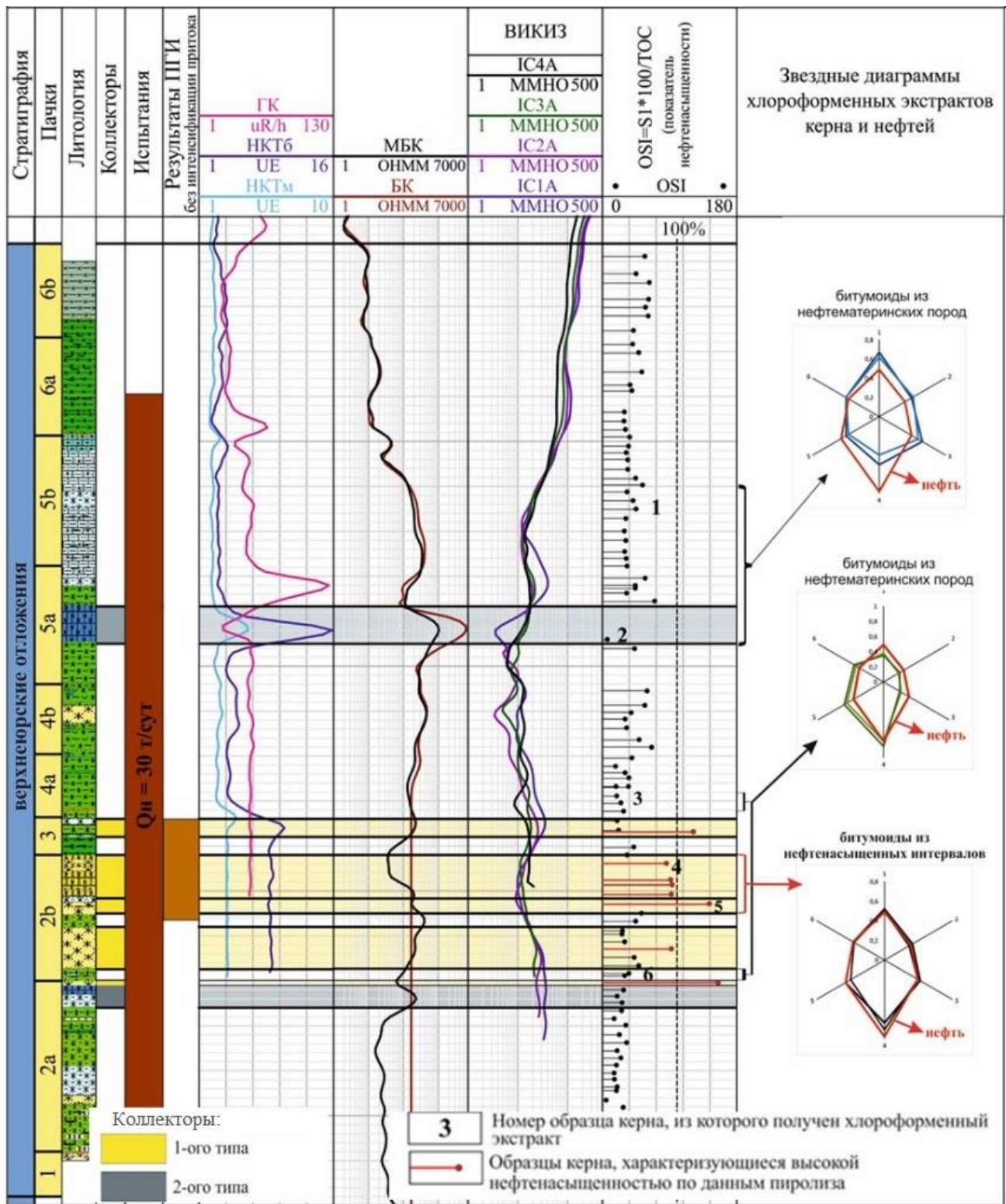


Рис. 1. Литолого-стратиграфический разрез и звёздные диаграммы хлороформных экстрактов разных интервалов разреза позднеюрско-раннемеловых отложений в Средне-Назымской скв. 3034 и их сравнение со звездной диаграммой нефти в той же скважине из интервала перфорации, приуроченного к позднеюрско-раннемеловым отложениям

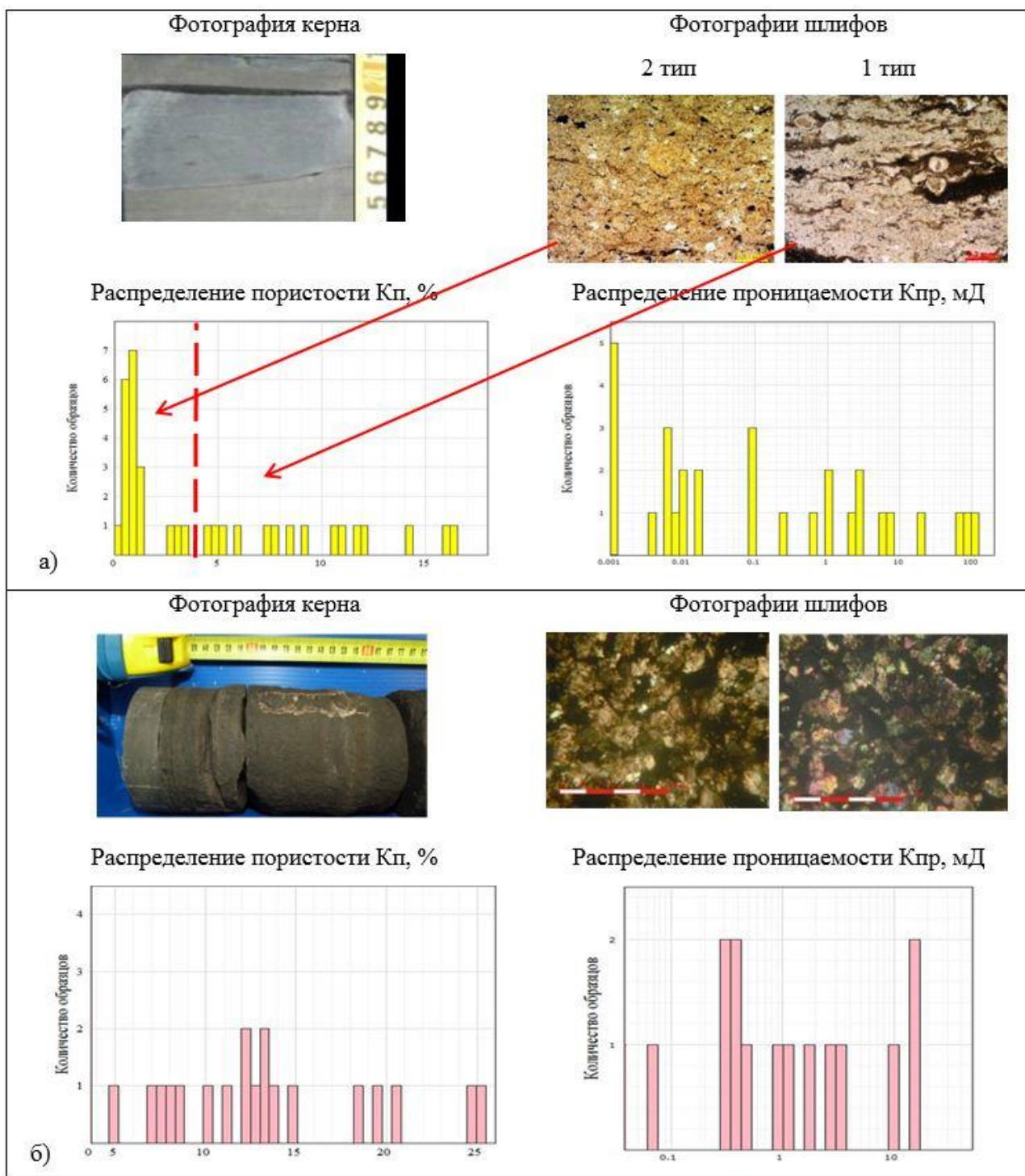


Рис. 2. Фотографии керна и шлифов и диаграммы распределения фильтрационно-емкостных свойств

а) радиолариты слабодолмитистые; б) нефтенасыщенные вторичные доломиты, развитые по радиоларитам.

Слабодолмитистые радиолариты, в основном, поровые коллекторы с ФЕС, соответствующими традиционным. Часть высококремнистых пород с еле заметной радиолариевой структурой (см. рис. 2а, фотографии шлифов, 1 тип), низкопористая и слабопроницаемая.

Вторичные доломиты, развитые по радиоляритам, встречаются в пачках 5, 3, 2б и 2а. По месторождению Кп определен на 18 образцах из 14 скважин, меняется в пределах 1–22,8%. Среднее значение для целевого интервала (пачки 3, 2б, 2а) – 8%. Высокие значения пористости характерны для центральной части пропластков. Коэффициент проницаемости Кпр определен на 22 образцах из 11 скважин. Кпр меняется от 0,001 мД (0,001-0,1 мД в кровельных и при подошвенных интервалах литотипа) до 16,34 мД. В среднем для целевого интервала составляет 3,5 мД. Мощность пропластков варьирует от 0,3 до 1,9 м и в среднем достигает 0,7 м. С данными породами ассоциируются наиболее высокочемкие коллекторы порового типа, вторичная пористость которых формируется при выщелачивании и доломитизации пород в катагенезе.

Вторичные известняки, развитые по радиоляритам, встречаются в пачках 3, 2б, 2а и 1. Всего по месторождению изучено 15 образцов из 6 скважин (рис. 3а) с результатами ФЕС: Кп меняется в пределах 0,4–7,71%. Среднее значение – 4,4%. Кпр варьирует от 0,001 мД до 3,284 мД. В среднем составляет 0,3819 мД.

В данных породах могут формироваться низкочемкие, низкопроницаемые коллекторы: поровое пространство представлено межкристаллическими микропорами, редко тонкими трещинами, которые могут быть вовлечены в разработку при проведении солянокислотной обработки (СКО) или ГРП. Определение Кп по ГИС и керну в низкопродуктивных скважинах может не соответствовать промысловым данным (результатам разработки скважин), поскольку Кп определяется на неразрушенном керне, а на промысле проводится испытание скважин после техногенного воздействия на пласт.

Известняки пелоидно-интракластовые развиты только в пачке 5, представлены в основном карбонатными породами различного генезиса, не связанного с радиоляритами (пелоидно-интракластовыми известняками и фосфоритами, скоплениями двустворок и др.) (рис. 3б).

Ввиду высокой изменчивости и трещиноватости этих пород, изготовление цилиндрических образцов для определения их ФЕС по керну практически невозможно (см. рис. 3б, фотография ящика с керном). Для решения этой задачи использован метод ядерно-магнитного резонанса и изучение пород методом К.И. Багринцевой. Емкость пород - крайне низкая, в связи с чем их высокая проницаемость может быть охарактеризована за счет техногенных трещин, появляющихся в данных неоднородных породах при ГРП. Тип коллектора – трещинный.

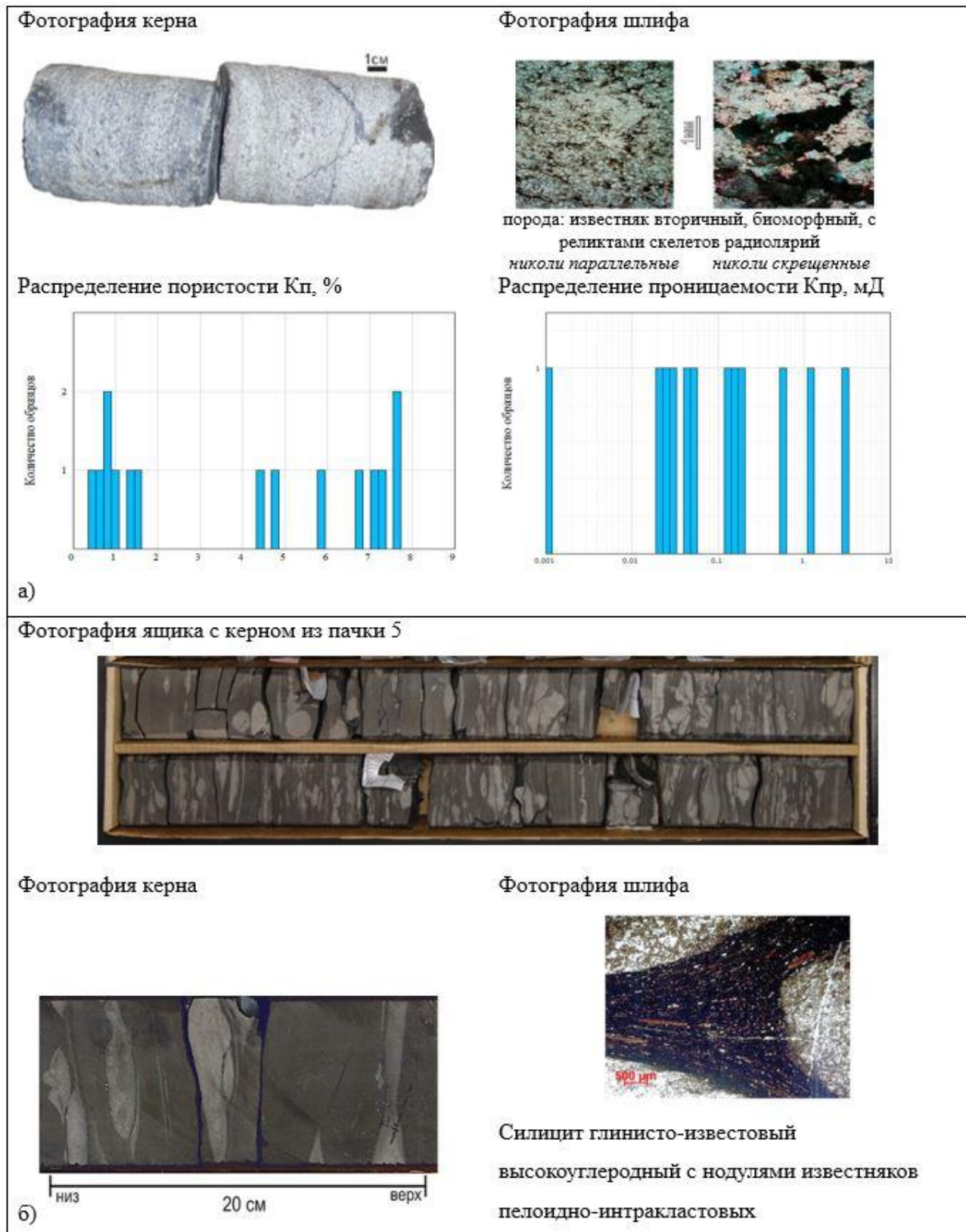


Рис. 3. Фотографии керна и шлифов и диаграммы распределения фильтрационно-емкостных свойств

а) вторичные известняки, развитые по радиоляритам; б) линзы пелоидно-интракластовых известняков в углеродисто-глинисто-карбонатно-кремнистых породах.

Выделение коллекторов позднеюрско-раннемеловых отложений

На основании результатов литолого-петрофизических исследований установлено наличие коллекторов с ФЕС, близкими к традиционным, и низкопроницаемых потенциальных коллекторов, которые вовлекаются в разработку при воздействии ГРП, СКО. Поэтому в скважинах проведено выделение коллекторов двух типов [Петерсилье, Комар, Френкель, 2018] (рис. 4).

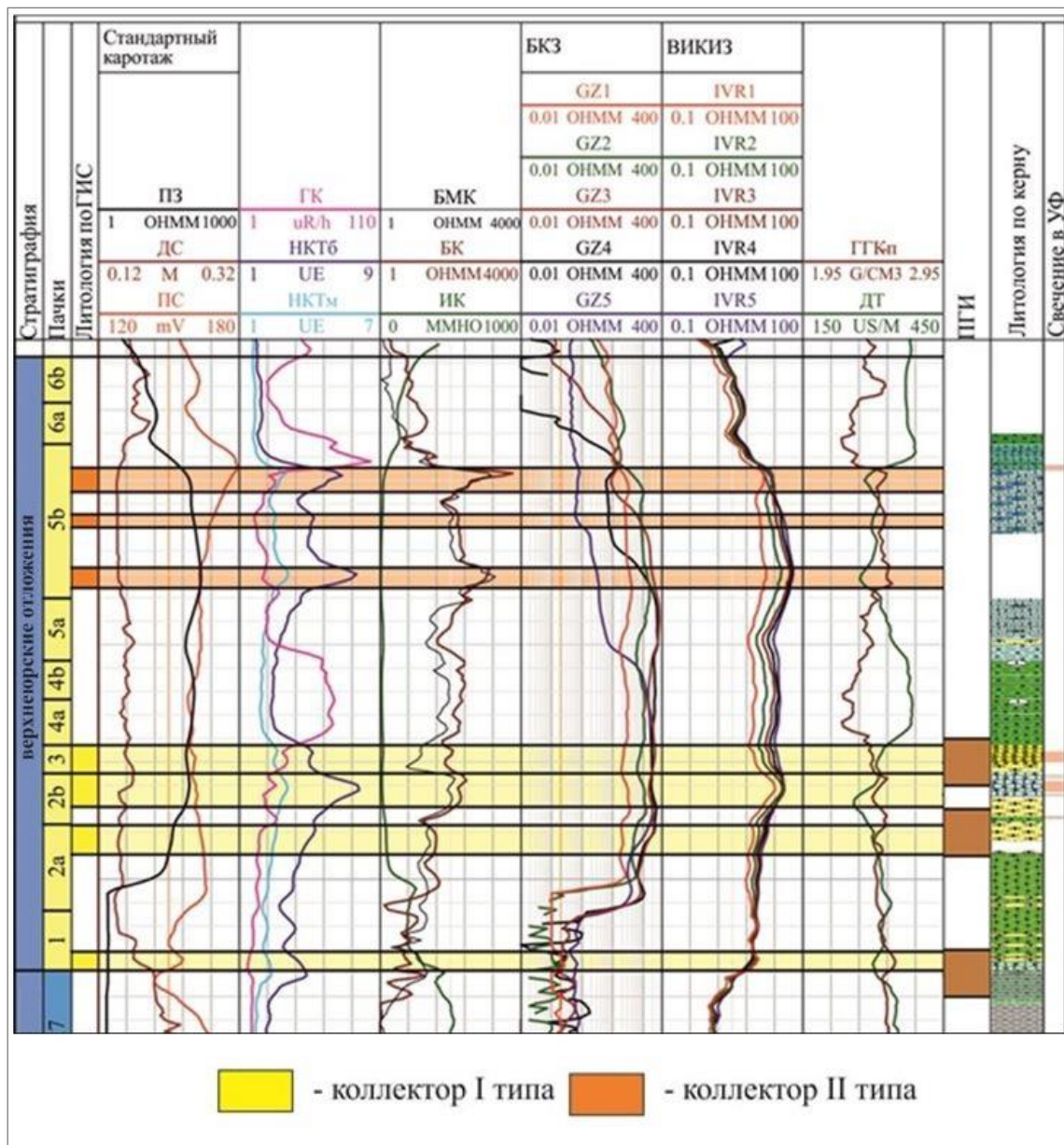


Рис. 4. Пример выделения коллекторов двух типов в интервале разреза позднеюрско-раннемеловых отложений по одной из скважин на территории Средне-Назымского месторождения

К *первому типу* коллекторов относятся породы с поровым и трещинно-поровым типами емкостного пространства, обладающие прямыми признаками коллектора по ГИС [Петерсилье, Комар, Френкель, 2018].

При качественной записи методов БК и МБК, при отсутствии установленного транзистора на микробоковом каротаже, наличие приращения сопротивления на кривых БК-МБК позволяет уверенно выделить коллекторы 1 типа. Интервалы коллекторов подтверждаются результатами интерпретации данных промысловых геофизических исследований (ПГИ) и лабораторных исследований керна.

Они развиваются во вторичных доломитах по радиоляритам и радиоляритах слабодоломитизированных (см. рис. 2). Эффективная мощность коллекторов 1 типа колеблется от 0,5 до 1,5 м. Пористость по керну в среднем составляет от 8 до 12%, достигая максимального значения в 25%. Как показано в статье [Алексеев и др., 2009], радиоляриты образуют плащеобразные тела с небольшой мощностью и значительным площадным распространением.

Формирование радиоляритов связано с региональными закономерностями изменения геохимического и гидродинамического режимов в морском бассейне. Благодаря чему радиоляритовые пласты, толщиной от 0,5 м, имеют весьма протяженное латеральное распространение на десятки километров, что подтверждается данными ГИС и керна.

При этом процессы преобразований радиоляриевого ила в породе многостадийны и разнообразны, поэтому сформировались следующие литотипы пород: радиоляриты, вторичные известняки по радиоляритам с переходными между ними разностями, вторичные доломиты по радиоляритам.

Ко *второму типу* коллекторов относятся породы, представляющие собой относительно уплотненные интервалы, обладающие низкими ФЕС, склонные к трещиноватости, благодаря чему в них могут формироваться трещиноватые коллекторы после ГРП.

Такие интервалы по ГИС выделяются повышением показаний нейтронного каротажа, методов сопротивления и понижением значений ГК. На керне иногда отмечается свечение в ультрафиолетовом свете. Коллекторы второго типа подтверждаются по данным ПГИ после интенсификации притока: проведения ГРП или СКО. Такие коллекторы развиваются во вторичных известняках, средняя пористость по керну которых равна 4,4%, эффективная мощность прослоев – 0,5–1 м. В известняках пелоидно-интракластовых формируются трещинные коллекторы, отнесенные к коллекторам 2 типа, эффективная мощность которых меняется в небольших пределах: 0,5-1 м.

Возможность получения нефти из коллектора 2 типа подтверждена промысловым экспериментом – отдельным опробованием изолированного интервала разреза с прослоями коллекторов 2 типа после СКО и получением притока нефти объемом 6,5 т/сут [Немова, Усачев, 2019].

Наиболее мощные прослои коллекторов типа I зачастую переслаиваются с коллекторами

типа II. Можно отметить зональность вторичных процессов и ФЕС в радиоляритовых пропластках повышенной толщины: центральные их части являются проницаемыми и пористыми (кремнистыми или доломитизированными), а верхние и нижние части пропластков - в основном кремнистые с более низкими ФЕС. Объяснить это можно растворением кремнистого вещества в центральных частях пропластков радиоляритов, его переносом и последующим окремнением краевых частей коллекторов, что сопровождалось ухудшением их ФЕС.

Анализ полученных данных

Вторичные процессы преобразования радиоляриевого ила в породе многостадийны и разнообразны, но не хаотичны. Генезис илов предопределил их широкое площадное распространение, которое подтверждается керном и бурением горизонтальных стволов скважин. На основании данных выводов проведено распространение литотипов коллекторов в межскважинном пространстве в процессе 3Д геологического моделирования.

Используя материалы ГИС, лабораторных исследований керна и проведенные ПГИ, проинтерпретирована информация 50 скважин Средне-Назымского месторождения. В интервале разреза позднеюрско-раннемеловых отложений по всем скважинам выделены коллекторы типа I и II на основании методов ГИС и ПГИ. С учетом литологического изучения керна каждому пропластку коллектора присвоен свой литотип. Скважины с керном являлись опорными, скважины без керна проинтерпретированы по каротажу по аналогии с соседними опорными скважинами. На рис. 5 представлен пример распространения литотипов в скважине без керна на основе результатов литологического описания керна двух соседних скважин. Данная методика хорошо работает в близрасположенных скважинах. В скважинах, расположенных удаленно, такую интерпретацию можно провести только условно, без детализации. В результате выделены тела радиоляритов, вторичных доломитов по радиоляритам, вторичных известняков по радиоляритам и пелоидно-интракластовых известняков, распространение которых прослежено в межскважинном пространстве. Для каждого тела коэффициенты пористости и проницаемости определены по керну и присвоены литотипам.

Обсуждение результатов

Полученные результаты легли в основу построения детальной трехмерной геологической модели позднеюрско-раннемеловых отложений, на основании которой планируется бурение скважин с протяженным горизонтальным окончанием и осуществляется геонавигация в процессе бурения [Немова, Усачев, 2019].

В настоящее время максимальные притоки нефти из позднеюрско-раннемеловых отложений Средне-Назымского месторождения получены на территории восточного поднятия, где доломитизированные и кремнистые радиоляриты доминируют, а вторичные известняки по радиоляритам имеют подчиненное распространение. Промысловые результаты подтверждают данные о хороших ФЕС коллекторов, определенных по керну. Напротив, территория западного поднятия характеризуется малым распространением высокеемких доломитов, появлением мощного прослоя вторичного известняка в пачках 2а и 1, развитием высококремнистых пород с низкими ФЕС в пачке 2б.

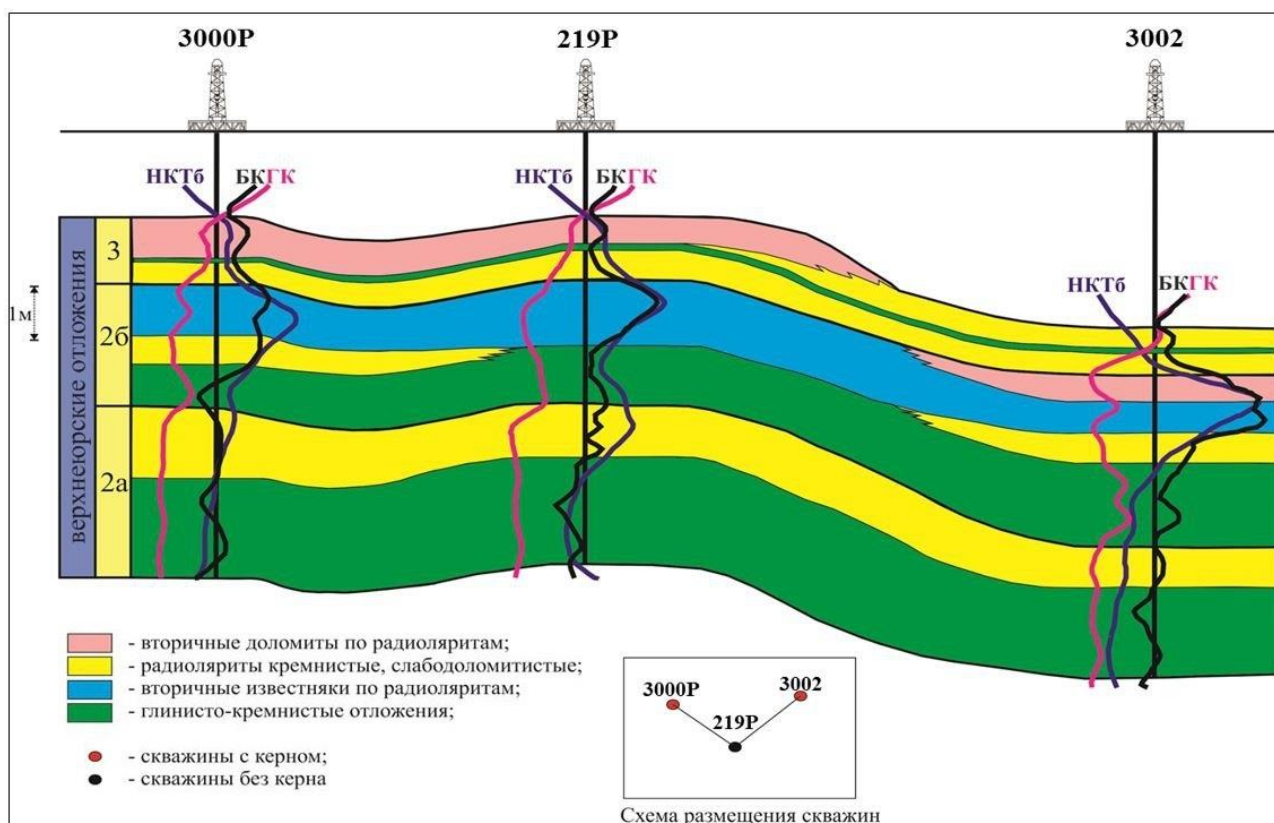


Рис. 5. Пример литологической интерпретации методов геофизических исследований в скважинах без керна на основе результатов литологической интерпретации в скважинах с керном

Описанные закономерности верны для нижней толщи позднеюрско-раннемеловых отложений (рис. 6). Это можно объяснить большей контрастностью палеорельефа восточного купола, чем западного, что предопределило лучшую сортировку радиоляритов на востоке и последующую их доломитизацию за счет миграции щелочных растворов в катагенезе, при дегидратации глин и, возможно, гидротермальных вод из расположенного под восточным куполом триасового гранитоидного массива. В районе западного купола радиоляриты в большей степени подвергались кальцитизации и окремнению, снижающих их ФЕС.

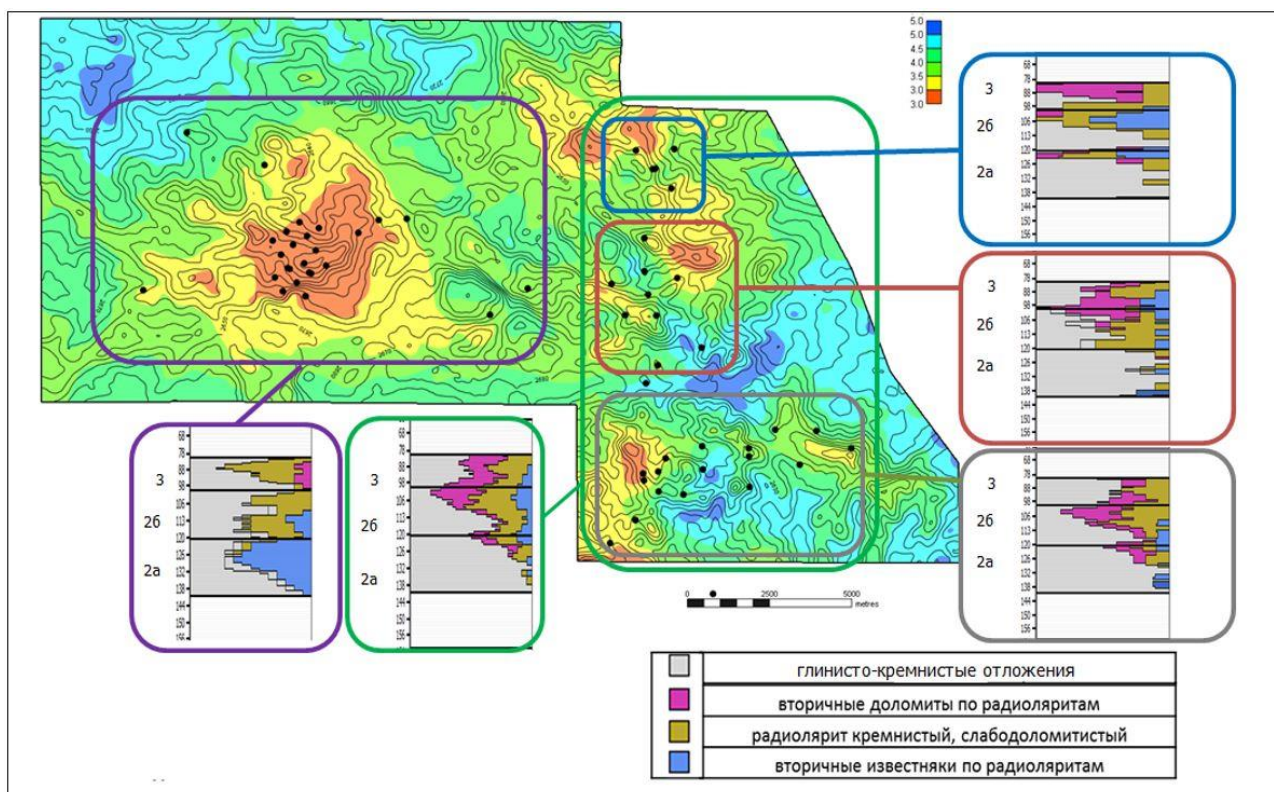


Рис. 6. Карта эффективных толщин пачек 3 и 2 на структурной основе и геолого-статистические разрезы участков на территории Средне-Назымского месторождения

В интервале пачки 5 доминируют пелоидно-интракластовые известняки. В них после ГРП формируются трещиноватые коллекторы 2 типа (рис. 7). На месторождении отмечено сокращение толщин пелоидно-интракластовых известняков пачки 5 в районе современного восточного поднятия, которое в период их накопления являлось, вероятно, относительно погруженной депрессионной зоной, тогда как в западной части месторождения толщины данных пород вдвое больше.

Выявленные закономерности развития литологических типов пород, с которыми ассоциируются коллекторы, используются при планировании бурения.

Выводы

Детальное изучение литолого-петрофизических свойств позднеюрско-раннемеловых отложений позволило определить литологические типы пород-коллекторов, выявить их ФЕС, положение в разрезе и закономерности распределения на площади месторождения. Литологические типы сгруппированы в два типа коллектора.

Поровые и трещинно-поровые коллекторы *1 типа* развиваются во вторичных доломитах по радиоларитам и радиоларитам слабодолмитизированным (см. рис. 2). Эффективная мощность колеблется от 0,5 до 1,5 м. Пористость по керну в среднем составляет от 8 до 12%, достигая максимального значения в 25%. Встречаются в интервалах пачек 5, 3, 2б и 2а и 1.

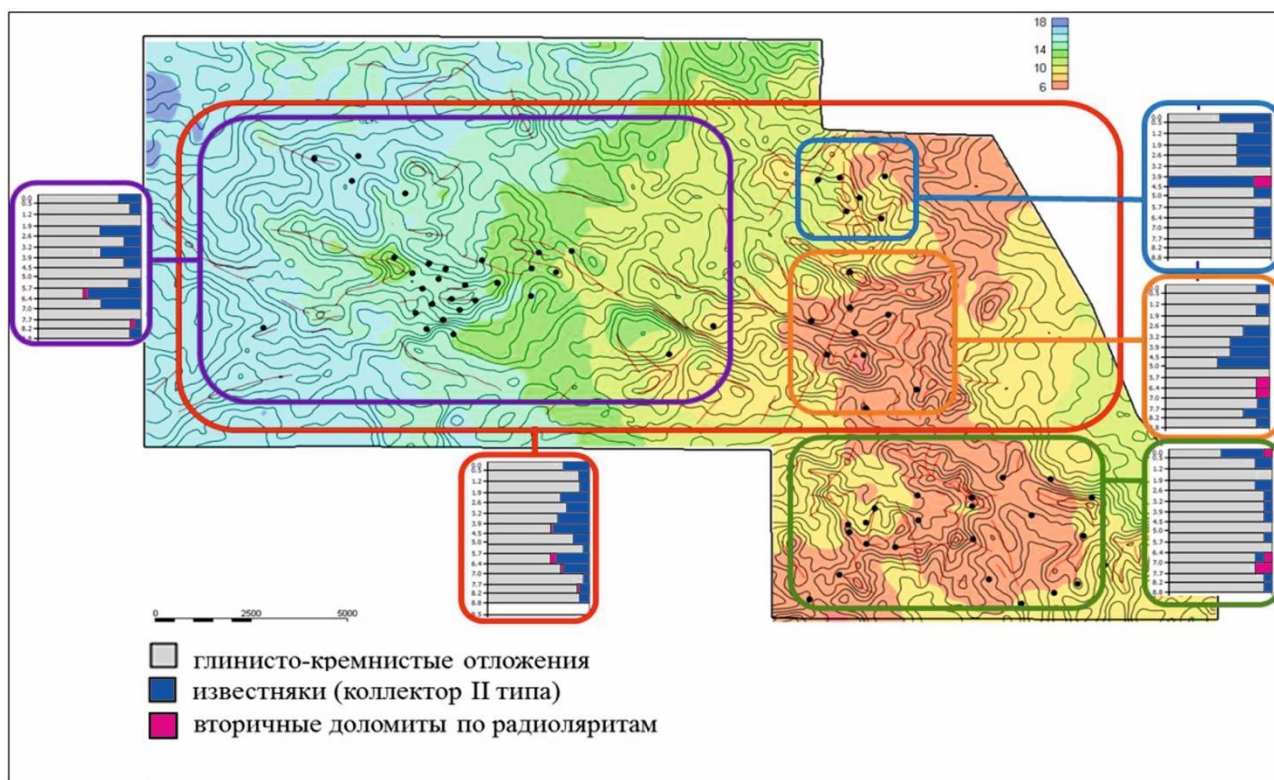


Рис. 7. Карта эффективных толщин пачки 5 на структурной основе и геолого-статистические разрезы участков на территории Средне-Назымского месторождения

Трещинные коллекторы *2 типа* развиваются во вторичных известняках по радиоляритам и пелоидно-интракластовым известнякам (см. рис. 3), средняя пористость по керну равна 2%, эффективная мощность прослоев - 0,5–1 м. Встречаются в интервалах пачек 5, 2б, 2а и 1.

Площадное развитие коллекторов и их свойств контролируется условиями накопления и процессами вторичных преобразований пород. Положение в разрезе и протяженность коллекторов позднеюрско-раннемеловых отложений подтверждены бурением 10500 м горизонтальных стволов скважин на Средне-Назымском месторождении [Немова, Усачев, 2019].

Литература

Алексеев А.Д., Немова В.Д., Колосков В.Н., Гаврилов С.С. Литологические особенности строения нижнетутлеймской подсвиты Фроловской НГО в связи с особенностями ее нефтеносности // Геология нефти и газа. – 2009. – №2. – С. 27-33.

Дахнова М.В., Можегова С.В., Назарова Е.С., Пайзанская И.Л. Оценка запасов «сланцевой нефти» с использованием геохимических параметров // Геология нефти и газа. – 2015. – №4. – С. 55-61.

Немова В.Д. Многоуровневая литологическая типизация пород баженовской свиты // Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 8. – С. 13-17.

Немова В.Д., Усачев Г.А. Опыт и анализ результатов бурения скважин с протяженными горизонтальными стволами в верхнеюрских отложениях Западной Сибири // Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 8. – С. 36-39.

Панченко И.В., Немова В.Д., Смирнова М.Е., Ильина М.В., Барабошкин Е.Ю., Ильин В.С. Стратификация и детальная корреляция баженовского горизонта в центральной части Западной Сибири по данным литолого-палеонтологического изучения и ГИС // Геология нефти и газа. – 2016. – №6. – С. 22-34.

Петерсилье В.И., Комар Н.В., Френкель С.М. Методические подходы к подсчету запасов баженовской свиты // Геология и геофизика. – 2018. – №5. – С. 51-59.

Систематика и классификация осадочных пород и их аналогов / Т.К. Баженова, Г.А. Беленицкая, Ю.Л. Верба, В.И. Драгунов, В.В. Жданов, К.Б. Ильин, В.Н. Кондитеров, В.Г. Кузнецов, В.В. Куриленко, Г.А. Мизенс, Д.К. Патрунов, А.Д. Петровский, Э.И. Сергеева, Б.А. Трифонов, В.Т. Фролов, В.М. Цейслер, В.Н. Шванов, Ф.А. Щербаков, М.Н. Щербакова. - Недра, 1998. – 352 с.

Скворцов М.Б., Дахнова М.В., Можегова С.В., Кирсанов А.М., Комков И.К., Пайзанская И.Л. Роль геохимических методов в прогнозе нефтеносности и оценке ресурсного потенциала черносланцевых толщ (на примере баженовской свиты) // Геология и геофизика. – 2017. – Т.58. - №3-4. – С. 495-503.

Nemova V.D., Pogodaeva A.M., Kim O.O., Matyukhina T.A.

LLC "LUKOIL-Engineering", Moscow, Russia, Varvara.Nemova@lukoil.com

PETROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE LATE JURASSIC - EARLY CRETACEOUS PRODUCTIVE LEVELS OF THE SREDNE-NAZYM FIELD

The article is devoted to the development of approaches to the allocation of reservoirs in such a complex object as the Late Jurassic - Early Cretaceous sequences of Western Siberia. Based on the generalization and systematization of laboratory core studies, well logging and field data, the main lithological types of potential reservoirs rocks are identified, their petrophysical characteristics are given, the position in the section and patterns of distribution over the area are determined using the example of the Sredne-Nazym field. The reservoirs are divided into two types: 1st type - rocks with reservoir properties corresponding to traditional reservoirs; 2nd type - poor-porous potential reservoirs that could be involved in development only after technological impacts - hydrochloric acid treatment or hydraulic fracturing. The obtained results are used in planning the development of the Late Jurassic - Early Cretaceous sections, which is currently carried out using horizontal wells.

Keywords: Late Jurassic-Early Cretaceous, lithotypes, well log interpretation results, geochemical studies, Sredne-Nazym field.

References

Alekseev A.D., Nemova V.D., Koloskov V.N., Gavrilov S.S. *Litologicheskie osobennosti stroeniya nizhnetyuleymoy podsvity Frolovskoy NGO v svyazi s osobennostyami ee neftenosnosti* [Lithological peculiarities of Lower Tuleim subformation structure of Frolov petroleum bearing area in view of its oil potential]. *Geologiya nefti i gaza*, 2009, no. 2, pp. 27-33.

Dakhnova M.V., Mozhegova S.V., Nazarova E.S., Payzanskaya I.L. *Otsenka zapasov «slantsevoy nefti» s ispol'zovaniem geokhimicheskikh parametrov* [Evaluation of reserves of shale oil using geochemical parameters]. *Geologiya nefti i gaza*, 2015, no. 4, pp. 55-61.

Nemova V.D. *Mnogourovnevaya litologicheskaya tipizatsiya porod bazhenovskoy svity* [Multi-level lithological typization of rocks of the Bazhenov Formation]. *Neftyanoe khozyaystvo*, 2019, no.8, pp. 13-17.

Nemova V.D., Usachev G.A. *Opyt i analiz rezul'tatov bureniya skvazhin s protyazhennymi gorizont'nymi stvolami v verkhneyurskikh otlozheniyakh Zapadnoy Sibiri* [Experience and analysis of the results of drilling wells with extended horizontal shafts in the Upper Jurassic section of Western Siberia]. *Neftyanoe khozyaystvo*, 2019, no. 8, pp. 36-39.

Panchenko I.V., Nemova V.D., Smirnova M.E., Il'ina M.V., Baraboshkin E.Yu., Il'in V.S. *Stratifikatsiya i detal'naya korrelyatsiya bazhenovskogo gorizonta v tsentral'noy chasti Zapadnoy Sibiri po dannym litologo-paleontologicheskogo izucheniya i GIS* [Stratification and detailed correlation of Bazhenov Formation in the central part of the Western Siberia according to lithological and paleontological core analysis and well logging]. *Geologiya nefti i gaza*, 2016, no. 6, pp. 22-34.

Petersil'e V.I., Komar N.V., Frenkel' S.M. *Metodicheskie podkhody k podschetu zapasov bazhenovskoy svity* [Methods for the Bazhenov Formation reserves assessment]. *Geologiya i geofizika*, 2018, no. 5, pp. 51-59.

Sistematika i klassifikatsiya osadochnykh porod i ikh analogov [Systematics and classification of sedimentary rocks and their analogues]. T.K. Bazhenova, G.A. Belenitskaya, Yu.L. Verba, V.I. Dragunov, V.V. Zhdanov, K.B. Il'in, V.N. Konditerov, V.G. Kuznetsov, V.V. Kurilenko, G.A. Mizens, D.K. Patrunov, A.D. Petrovskiy, E.I. Sergeeva, B.A. Trifonov, V.T. Frolov, V.M. Tseysler, V.N. Shvanov, F.A. Shcherbakov, M.N. Shcherbakova, Nedra, 1998, 352 p.

Skvortsov M.B., Dakhnova M.V., Mozhegova S.V., Kirsanov A.M., Komkov I.K., Payzanskaya I.L. *Rol' geokhimicheskikh metodov v prognoze neftenosnosti i otsenke resursnogo potentsiala chernoslantsevykh tolshch (na primere bazhenovskoy svity)* [Geochemical methods for

prediction and assessment of shale oil resources (case study of the Bazhenov Formation)]. *Geologiya i geofizika*, 2017, vol. 58, no. 3-4, pp. 495-503.

© Немова В.Д., Погодаева А.М., Ким О.О., Матюхина Т.А., 2020

