

Новые данные о геологическом строении и продуктивности доюрского комплекса Средне-Назымского месторождения

В.Д. Шмаков*, Н.Р. Касков, А.А. Бакулин, А.П. Шорохова

ООО «НК «Югранефтепром», Москва, Россия

Геолого-разведочные работы (ГРР) определяются задачами поиска и оценки запасов углеводородного сырья, их подготовкой к промышленному освоению. Совершенствование научно-технологического обеспечения ГРР является приоритетной задачей нефтяной отрасли. В статье рассмотрены вопросы развития технологии поисков и разведки залежей нефти в доюрском комплексе Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, а также подходы к картированию перспективных зон по сейсмическим данным. На примере Средне-Назымского месторождения показаны сейсмогеологические аспекты прогноза нефтеносности и направления снижения неопределенности геологического строения для повышения эффективности ГРР.

Ключевые слова: Западная Сибирь, доюрские отложения, геологоразведка, сейсмический атрибут, прогноз, коллектор, керн, нефть

Для цитирования: Шмаков В.Д., Касков Н.Р., Бакулин А.А., Шорохова А.П. (2023). Новые данные о геологическом строении и продуктивности доюрского комплекса Средне-Назымского месторождения. *Георесурсы*, 25(3), с. 111–118. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.3.14>

Введение

В настоящее время доюрский комплекс (ДЮК) является одним из наименее изученных среди всех продуктивных отложений в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Исторически многие из разрабатываемых залежей были открыты при разбуривании и опоисковании юрских и меловых продуктивных пластов. При этом отсутствие однозначных решений среди геологов-нефтяников по ключевым теоретическим проблемам формирования залежей, прогноза продуктивных зон и коллекторов существенно затрудняет и замедляет освоение нефтеперспективного комплекса. Его разработка исторически не получила должного развития из-за наличия традиционных и более доступных для освоения запасов неокомского комплекса (Ступакова и др., 2015). В работе (Соколов, Шубина, 2023) представлены структура запасов и накопленная добыча по стратиграфическим комплексам Западной Сибири. Анализ авторов свидетельствует о крайне низкой разведанности и вовлеченности в разработку запасов ДЮК, доля которого в добыче региона на сегодня не превышает первых процентов (Государственный баланс..., 2022).

Сопутствующим ограничением являются значительная глубина залегания продуктивного горизонта и высокие риски геологоразведочных работ (ГРР) из-за сложного геологического строения природных резервуаров, неравномерного развития коллекторов и априорно низких коллекторских свойств. В результате стоимость подготовки запасов ДЮК в 2–3 раза превышает средние показатели по Западной Сибири (Тыртов и др., 2020).

Научные исследования, направленные на изучение геологического строения территории в региональном плане и уточнение критериев прогноза нефтегазоносности, являются весьма актуальными для развития ресурсной базы углеводородов ДЮК Западной Сибири.

Региональная информация и материалы

Средне-Назымская площадь приурочена к центральной части Фроловской мегавадины в пределах Елизаветинского прогиба, характеризуется очень сложным геологическим строением и трудноизвлекаемыми запасами.

Согласно собственным исследованиям и литературным данным (Шадрин, 2018; Добрыдень, 2022; Холманских и др., 2022), для указанного района характерно крайне изменчивое строение ДЮК. В скважинах близлежащих месторождений вскрыты различные по возрасту отложения: докембрийские метаморфизованные образования, гранитоидные и габброидные тела, палеозойские терригенные и карбонатные отложения, позднепалеозойско-раннемезозойская вулканогенно-осадочная толща (Р–Т(?)). Именно к зоне развития последней относится район исследований.

К началу 2023 г. в пределах Средне-Назымского участка недр пробурено более 150 скважин, 15% из которых являются поисково-разведочными. В скважинах отобран керн, выполнена запись расширенного комплекса геофизических исследований скважин (ГИС), включающего акустический низкочастотный (широкополосный) каротаж (АКШ), плотностный гамма-гамма каротаж (ГГКП), спектрометрический гамма-каротаж (СГК), спектрометрический нейтронный гамма-каротаж (СНГК) и др. Ни в одной из пробуренных скважин не была вскрыта подошва толщи вулканогенных эффузивных пород, что не позволяет судить о ее истинной мощности, видимая превышает 500 м. После лабораторного изучения керна установлено,

* Ответственный автор: Вадим Дмитриевич Шмаков
e-mail: Vadim.Shmakov@lukoil.com

© 2023 Коллектив авторов

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

что в составе ДЮК преобладают риолиты, риодациты и дациты, а также туфы кислых пород.

Месторождение изучено с помощью сейсморазведки 2D и 3D. Съёмки 3D выполнялись в разные полевые сезоны. После выполнения последних полевых работ, которые вместе с предыдущими позволили покрыть большую часть площади месторождения сейсморазведочными работами МОГТ 3D, проведена совместная обработка с получением единого сейсмического куба, в результате чего установлено, что наиболее информативным для изучения геологического строения является куб PSDM (Pre-Stack Depth Migration, глубинная миграция по сейсмограммам до суммирования). Полученные сейсмические массивы на этапе интерпретации использованы для расчета акустической и АВА-инверсии.

Отложения ДЮК на месторождении характеризуются весьма интенсивной тектонической дислоцированностью. Все выделенные тектонические нарушения группируются в две основные системы. Ключевым признаком для группировки дислокаций является не их тип, а простирание. Выделяются как сбросовые, так и взбросовые нарушения. В первую группу входят нарушения СЗ-ЮВ-простирания, которые вблизи западной границы участка изысканий пересекаются со второй системой. К последней относятся нарушения преимущественно субмеридионального простирания.

С момента открытия месторождения отсутствовала детальная корреляция ниже подошвы юрских отложений, также не существовало надежного подхода к интерпретации данных сейсморазведки в интервале ДЮК. Нефтеперспективный объект представлялся нерасчлененным и сейсмически немым.

В рамках камеральных работ прошлых лет сложность тектонического строения часто необоснованно упрощалась, что приводило к множеству неоднозначностей в межскважинной корреляции. Как следствие, на одной глубине в соседних скважинах можно встретить нефтенасыщенные и водонасыщенные коллекторы, а в некоторых случаях водонасыщенные пропластки залегали выше нефтенасыщенных. Другим осложняющим фактором являлось отсутствие в разрезе выдержанных по площади реперных пачек, которые могли бы уверенно диагностироваться по данным ГИС.

Особенности строения ДЮК предопределили необходимость повышения эффективности разведочного и эксплуатационного бурения с опорой на сейсморазведку, ГИС и исследования керна.

Методы и интерпретация

Исходными данными для изучения ДЮК являются сейсмический куб, кубы упругих параметров, поисково-разведочные скважины с расширенным комплексом ГИС, включая АКШ, ГГКП. Всего из отложений отобрано более 1000 м керна. В литологическом составе преобладают эффузивные породы кислого состава, а также их туфы и кластолавы. Масштаб изучения пород на месторождении варьирует от нано- и микроуровня (СЭМ-шлифы-РСА, РФА-образцы керна (сканирующий электронный микроскоп, фотографии и описания шлифов, рентгеноструктурный и рентгенофлуорисцентный анализ) – макроописание керна) до масштаба ГИС.

В результате исследований керна установлено, что для всех пород характерно метасоматическое изменение. В шлифах отмечены хлоритизация, карбонатизация и выщелачивание. На примере шлифа дацитового туфа можно наблюдать выщелачивание минеральных компонентов первичных зерен (голубая окраска на рис. 1 слева). Кроме того, перечисленные выше процессы могут приводить к увеличению пустотности.

Преобладающая текстура пород порфиристая, реже встречается брекчиевидная и флюидальная. Матрица вулканогенных пород-коллекторов имеет преимущественно перлитовую структуру, что позволяет применять методические подходы к интерпретации данных ГИС как для поровых (псевдогранулярных) коллекторов. Определение фильтрационно-емкостных свойств проведено на около 1500 образцах керна. Породы с преобладающим поровым типом выделяются в класс коллекторов с пористостью выше граничного значения 14,8%. Породы с пористостью ниже граничного значения, но обладающие качественными признаками коллекторов, выделяются в класс возможных коллекторов. Прочие породы рассматриваются в составе третьей группы – неколлекторы (рис. 2). Каверновая пористость измерена на 145 образцах керна,

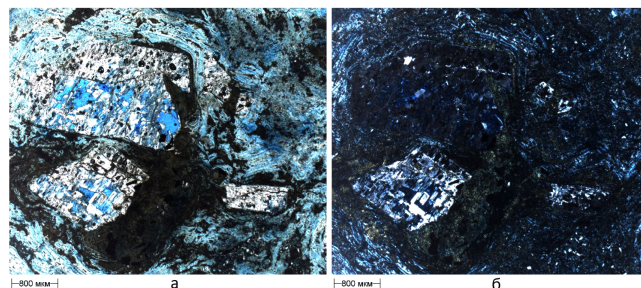


Рис. 1. Фотография шлифа. Туф среднеобломочный, витрокристалло-литокластический, метасоматически измененный, слабо катаклазированный (слева – без анализатора, справа – с анализатором). Увеличение 2,5×

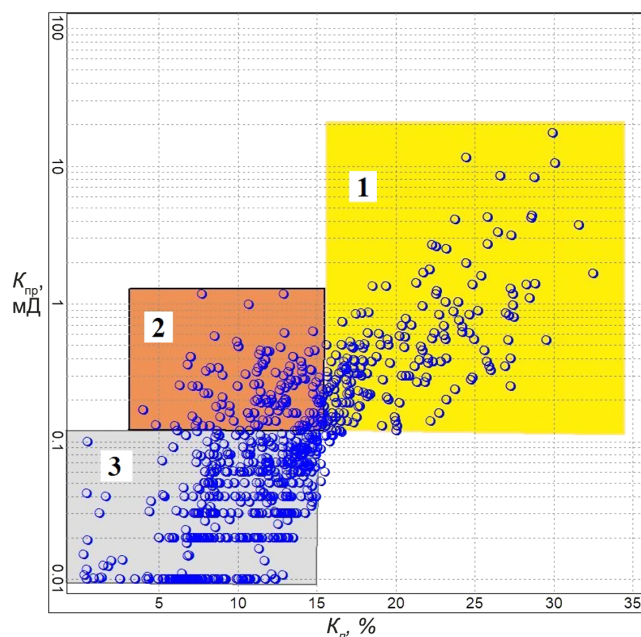


Рис. 2. Фильтрационно-емкостные свойства пород доюрского комплекса Средне-Назымского месторождения: 1 – коллектор, 2 – возможно коллектор, 3 – неколлектор

в среднем имеет значение 0,75% при диапазоне изменений от 0,2% до 2,4%.

Комплексирование результатов изучения керна и интерпретации данных ГИС позволило установить, что класс коллекторов представлен преимущественно туфами и кластолавами. К классу же неколлекторов относятся интервалы залегания риолитов, риодацитов, дацитов (рис. 3).

С целью увязки скважинных данных с сейсмическими материалами и прогнозирования распределения свойств в межскважинном пространстве было выполнено петроупругое моделирование по стандартной методике (Mavko et al., 2009). Исследованы упругие характеристики как выделенных классов, так и отдельных литотипов. Результаты моделирования подтвердили предположение, что к классу коллекторов относятся туфы и кластолавы, а неколлекторы представлены в основном риолитами, дацитами, риодацитами. Таким образом, в качестве основного подхода

далее использовалось разделение на классы коллекторов и неколлекторов (рис. 4).

Наиболее уверенное разделение классов наблюдается в поле акустического импеданса (Z_p) и плотности ($RHOV$, bulk density). Коллекторы характеризуются как «мягкие», в то время как для неколлекторов типичны повышенные значения Z_p . Аналогичное распределение отмечается и в поле плотности. Для коллекторов характерны значения от 2,12 до 2,46 г/см³, а для неколлекторов – от 2,29 до 2,71 г/см³. В поле параметра V_p/V_s (соотношение скорости продольных V_p и поперечных V_s волн) отсутствуют значимые результаты разделения коллектор-неколлектор. Из-за отсутствия куба плотности на следующем этапе сейсмической интерпретации было принято решение опираться на разделение коллектор/неколлектор в поле параметра Z_p .

В сейсмическом поле к кровле ДЮК приурочен отражающий горизонт (ОГ) А, который при расчете

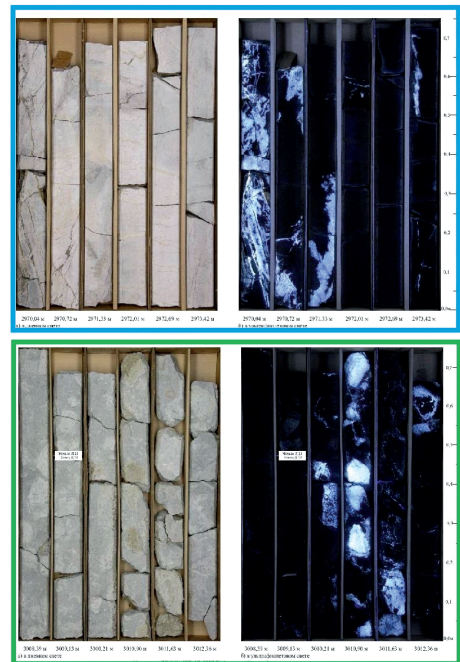
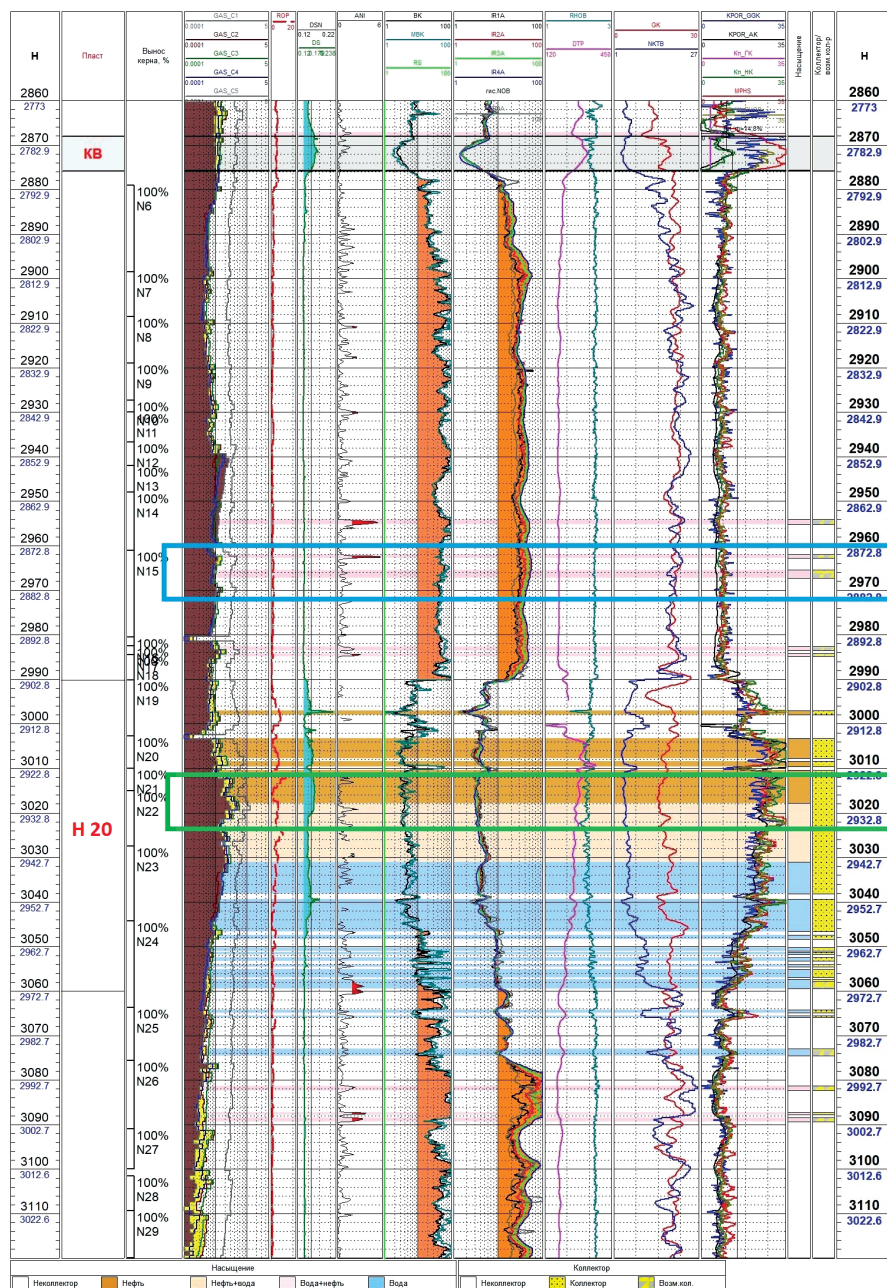


Рис. 3. Геолого-геофизическая характеристика разреза скважины (слева) с фотографиями фрагмента керна в дневном и ультрафиолетовом свете (справа)

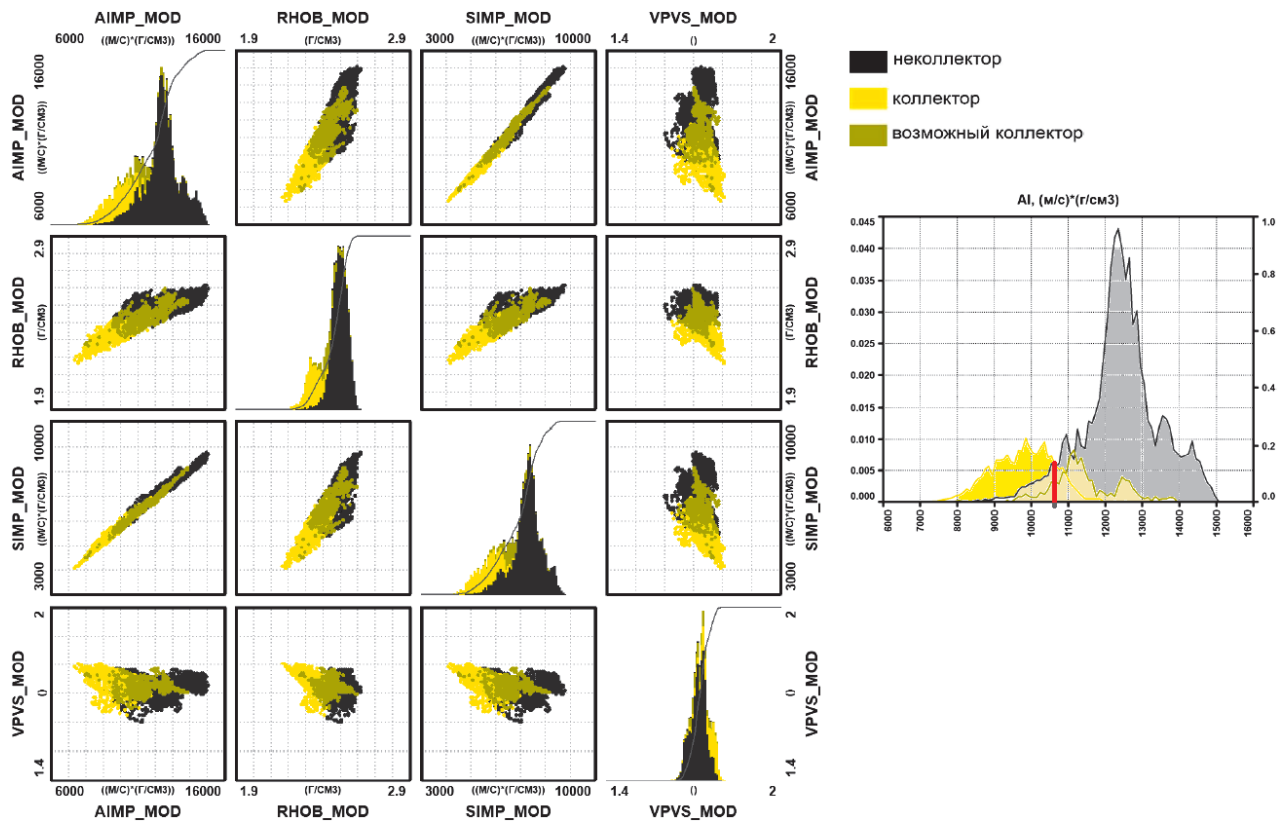


Рис. 4. Распределение коллекторов и неколлекторов в полях упругих параметров

AVA-инверсии задавался как кровля одноименного слоя для корректного расчета абсолютных значений Z_p . Выполненный визуальный анализ разрезов куба Z_p позволил установить, что в строении ДЮК на фоне преобладающих высокоимпедансных значений (выше 10750 кг/м²·с) выделяются отдельные пропластки, характеризующиеся пониженными значениями. Их развитие по площади месторождения контролируется предъюрским размывом, т.е. кровлей ДЮК, совпадающей с ОГ А (рис. 5 сверху).

Сейсмическая корреляция ОГ выполнена с учетом особенностей строения ДЮК в поле Z_p и результатов петроупругого моделирования. По положительным экстремумам, которые после привязки волнового поля картировались в подошве пачек, прослежено более 10 ОГ. К индексации пачек – 03, 04, 05, 07, 09, 20, 25 – применен единый подход от наименьшего номера в кровле до наибольшего в подошве (рис. 5 снизу).

Отметим, что низкоимпедансные пачки не однородны по площади. По данным ГИС, акустически более мягкие интервалы разреза, в зависимости от отсечки, охватывают как коллекторы, так и неколлекторы, что подтверждается предварительным визуальным анализом поля Z_p по соответствующему кубу, а также результатами петрофизического моделирования (рис. 4), где в интервале значений 10500–11500 кг/(м²·с) наблюдается область перекрытия облаков коллекторов и неколлекторов.

С целью картирования пачек и уточнения их строения рассчитан ряд атрибутов по кубу Z_p , среди которых наиболее информативным был Minimum Amplitude (минимальное значение амплитуды). Окно расчета задавалось от прослеженных ОГ (подошвы интервала) до ОГ+20 мс (вблизи кровли интервала).

Поля Z_p в интервале значений ниже граничного ($Z_p = 10750$) позволили выделить потенциально более перспективные зоны (рис. 6). С учетом качественного характера полученных результатов картирования оптимальным для геологоразведочных работ представляется районирование площади на три зоны:

- зона 1 – высокоперспективные участки ($Z_p < 9000$);
- зона 2 – умеренно-перспективные участки ($9000 < Z_p < 9750$);
- зона 3 – низкоперспективные участки ($Z_p > 9750$).

Апробация результатов исследования

Полученные результаты уверенно коррелируются с данными интерпретации ГИС по ранее пробуренным скважинам, однако для их проверки требовалось новое бурение. На конкретных примерах далее представлены результаты этой проверки.

Оценочная скважина № 1 была пробурена вблизи восточной границы поля развития перспективных отложений в пачке 20 (рис. 7), где прогнозировалась умеренно-перспективная зона.

Бурение и последующая интерпретация ГИС подтвердили сейсмический прогноз. В разрезе в интервале глубин 2990–3060 м выделен низкоскоростной интервал разреза (высокие значения ДТР – интервального времени пробега продольной волны), отличающийся также пониженными значениями плотности (RHOB), УЭС по боковому электрическому каротажу (БК) и повышенными значениями индукционного каротажа (IC4A).

В распределении значений продольного акустического импеданса (Z_p), рассчитанного по данным ГИС, в разрезе скважины № 1 выделяются три интервала: верхний, средний и нижний. Вследствие понижения значений RHOB

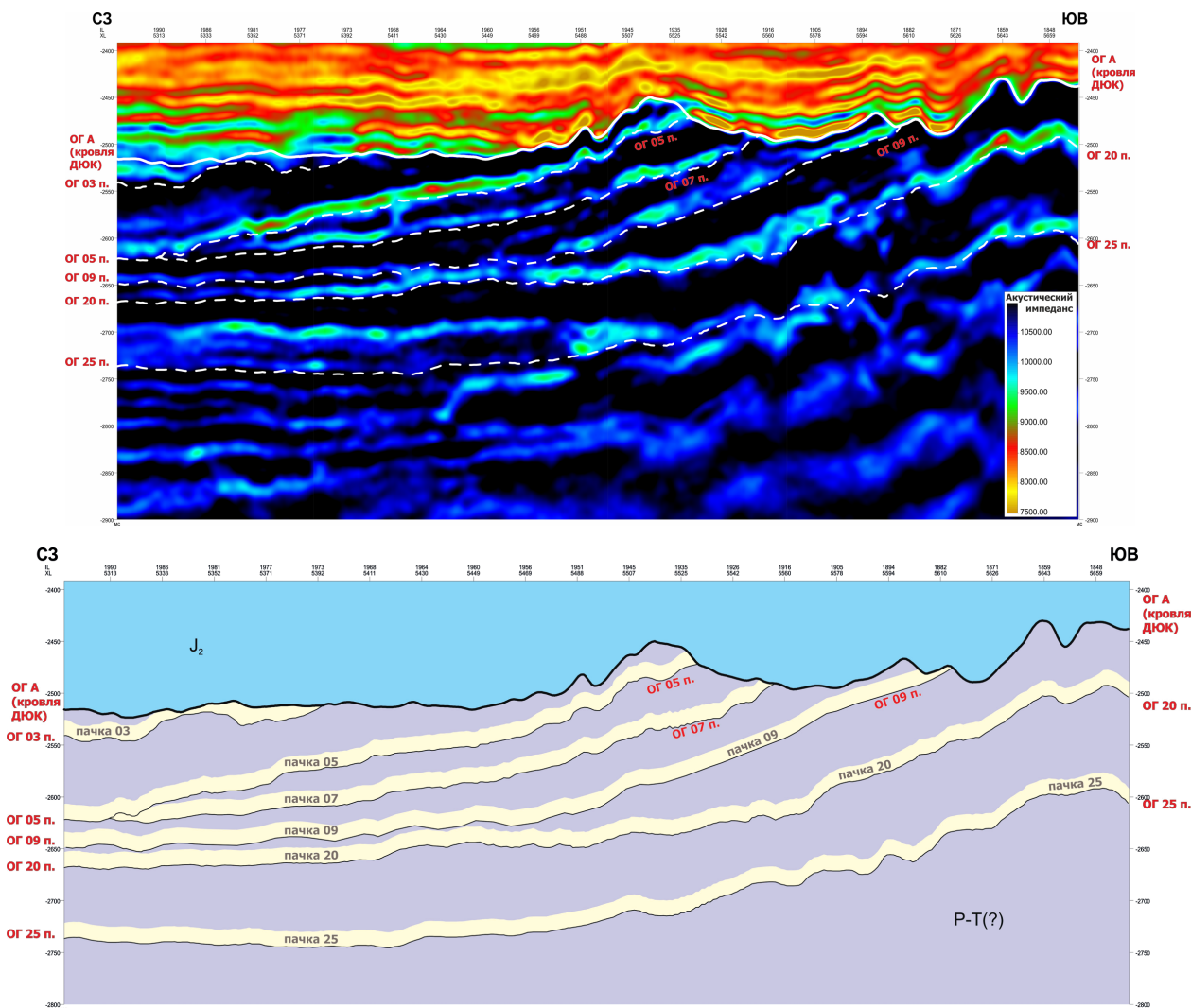


Рис. 5. Временной разрез куба продольного импеданса (Z_p) (сверху) и схематический сейсмогеологический разрез по композитному профилю (снизу)

и повышения ДТР в среднем интервале данный разрез характеризуется пониженными значениями Z_p относительно верхнего и нижнего интервалов. Рассматриваемый объект проиндексирован как пачка 20, он представляет собой толщу туфов мощностью около 70 м при коэффициенте эффективной толщины, равном 0,72. Литологический состав отложений подтвержден результатами отбора керна. Установлено, что керн представлен туфами кислых пород и их метаморфизованными разностями.

Объект испытан в интервале 3003–3035 м (MD), после соляно-кислотной обработки при свабировании получен незначительный приток нефти с водой. После проведения гидроразрыва пласта (ГРП) объемом 80 т проппанта из интервала перфорации получен приток нефти со стабильным дебитом 25 м³/сут (обводненность 31%).

Оценочная скважина № 2 расположена к западу от скважины № 1, она вскрыла отложения двух перспективных пачек: 04 и 05 (рис. 8). По сейсмическим данным выделена крупная аномалия, характеризующаяся пониженными значениями Z_p в интервале пачки 05. Одновременно с этим выше по разрезу выделялась незначительная аномалия, связанная с отложениями более молодой пачки – 04, которая рассматривалась как второстепенный объект для опоискования.

Основные перспективы в районе скважины № 2 связывались с отложениями нижней из двух пачек – 05. Последняя характеризуется развитием мощной толщи коллекторов, которым по ГИС отвечает интервал пониженных значений RHOV, ВК и повышенных значений ДТР. Непосредственно отложения пачки 05 не были охарактеризованы керном, однако из залегающей выше по разрезу пачки 04 отобрано два долбления керна. В результате лабораторных исследований в керне из пачки 04 определены эффузивные породы кислого состава, преимущественно трахириолиты и их туфы, светло-серые, измененные, с массивной текстурой, хлоритизированные, со следами выщелачивания. В литологическом составе пачки 05 прогнозировалось преобладание идентичных пород, что было подтверждено бурением скважины № 2, в которой испытаны отложения обеих пачек. В пачке 05 выполнен ГРП, получен приток нефти с дебитом жидкости 48 м³/сут (обводненность 12%). В пачке 04 дебит нефти составил 7 м³/сут (без ГРП). По результатам интерпретации геофизических исследований скважин (РИГИС) характер насыщения коллекторов изначально был установлен как «не ясно» вследствие недостаточной изученности отложений ДЮК для уверенного прогнозирования насыщения по ГИС.

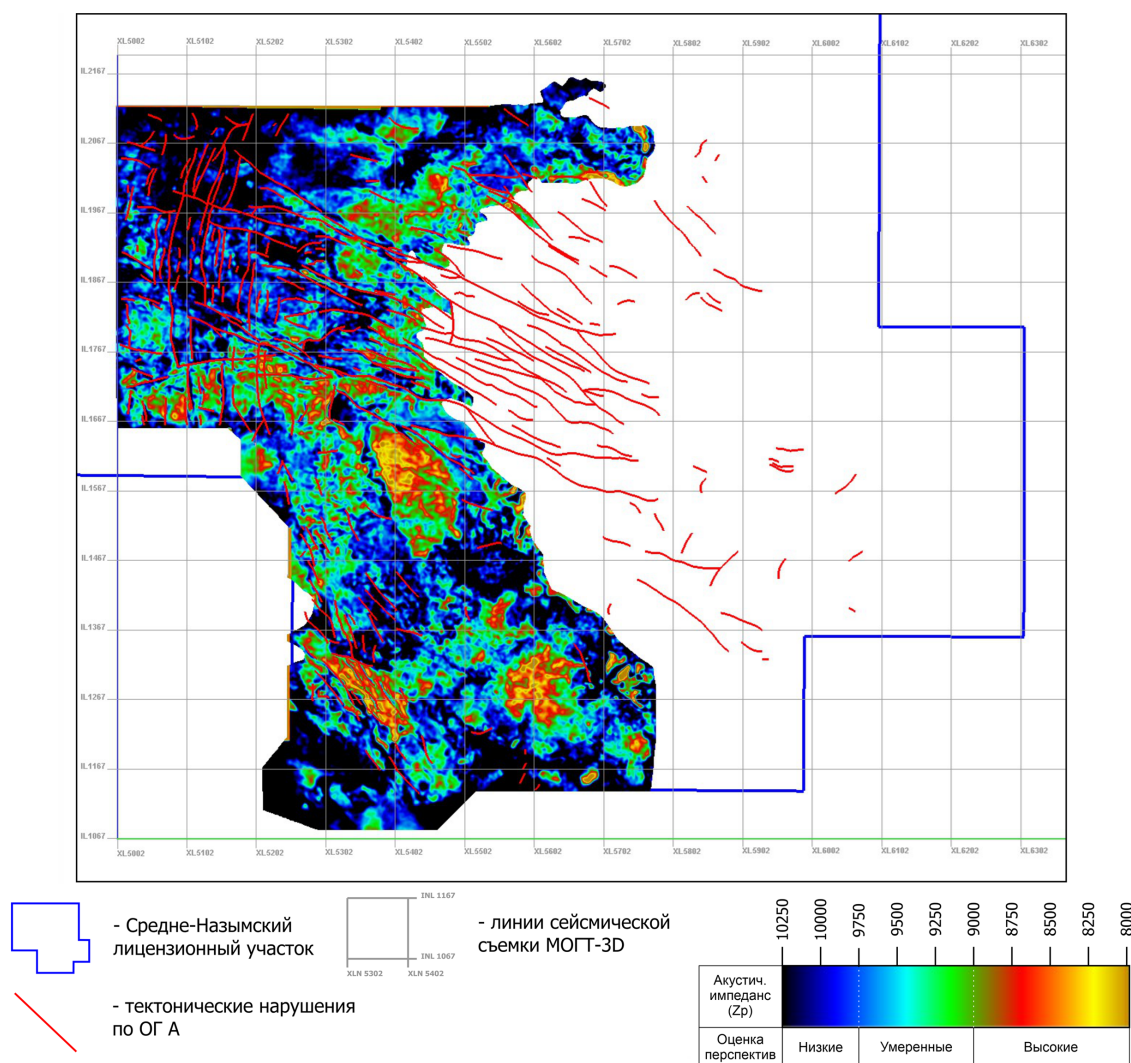


Рис. 6. Пример сейсмического атрибута по кубу Z_p для целей выделения перспективных зон (в интервале пачки 05)

Таким образом, верификация выполненного сейсмического прогноза по данным бурения новых скважин подтвердила основы предлагаемой методики. Данные ГИС и РИГИС (выделение коллекторов) уверенно коррелируются с сейсмическими материалами.

Заключение

В статье рассмотрены результаты дифференциации разреза ДЮК и изучения коллекторов, а также сейсмогеологические аспекты прогноза продуктивных зон. Эти результаты подтверждены новым разведочным бурением. Установлено, что в волновом поле и полях упругих параметров выделяются объекты, которые принципиально различаются между собой по упругим свойствам. Проанализированы разрезы скважин, вскрывшие данные объекты, выделены границы и выполнена их последовательная корреляция от скважины к скважине. При переходе через амплитудные тектонические нарушения приоритет отдавался результатам выполненной с опережением сейсмической корреляции. Данный подход позволил впервые создать увязанный с сейсмическими и скважинными данными каркас, пригодный для целей геологоразведки.

Полученные результаты имеют важное практическое значение. Показано, что на данном этапе изученности

ДЮК по сейсмическим материалам с высокой степенью достоверности выделяются только области развития коллекторов. Вопрос о характере их насыщения в пределах прогнозируемых перспективных зон на текущий момент остается нерешенным и актуальным.

Освоение глубоких горизонтов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, один из которых был рассмотрен, требует развития новых технологий прогноза, продолжения тщательного анализа всех доступных геолого-геофизических, геохимических и промысловых данных для повышения эффективности ГРП.

Дополнительным инструментом увеличения реальных инвестиций недропользователей в геологоразведку ДЮК Западной Сибири и ускорения вовлечения запасов углеводородного сырья в разработку может стать государственная поддержка и стимулирующие льготы по стратиграфическому признаку.

Благодарности

Авторы выражают благодарность коллективу Управления сейсмических исследований ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» за обсуждение полученных результатов, а также рецензентам за объективное мнение и рекомендации.

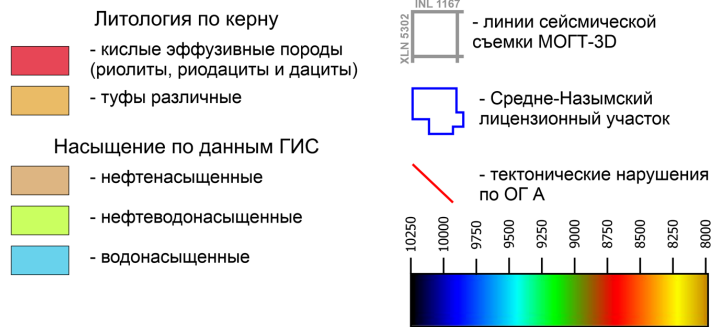
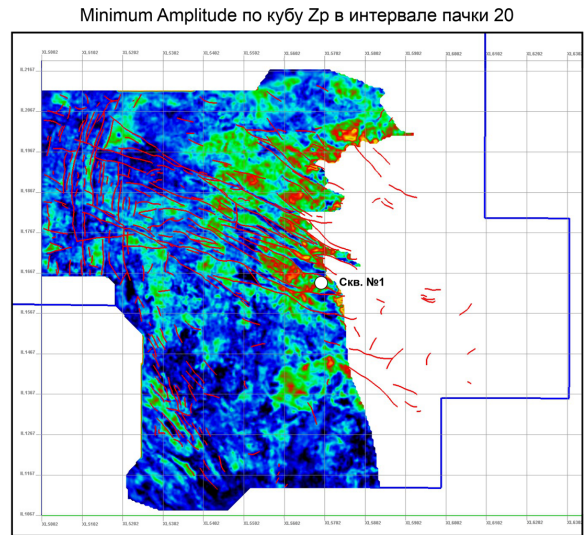
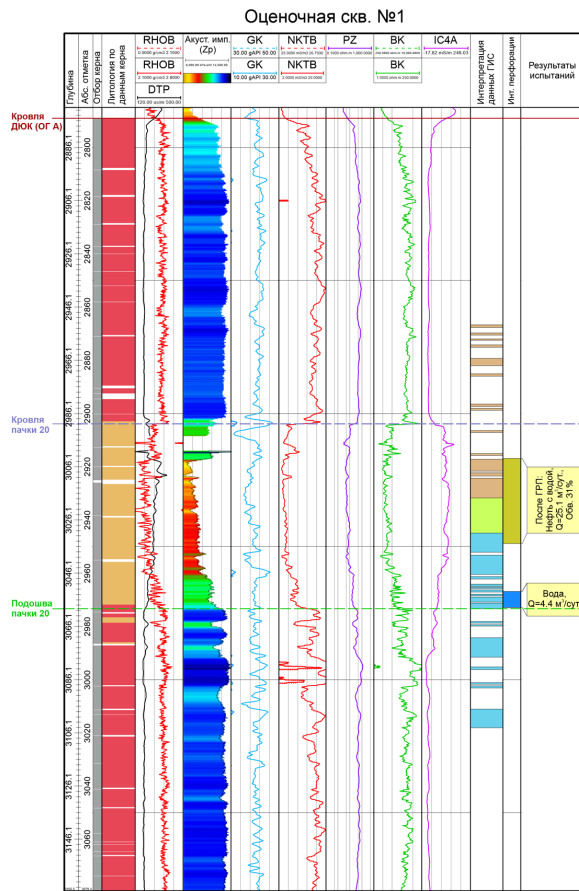


Рис. 7. Сейсмогеологическая характеристика отложений пачки 20 в оценочной скважине № 1

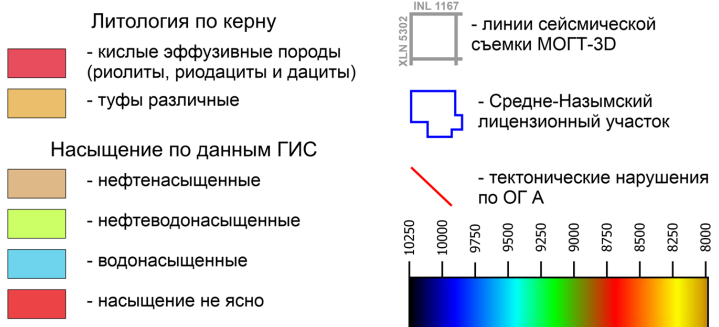
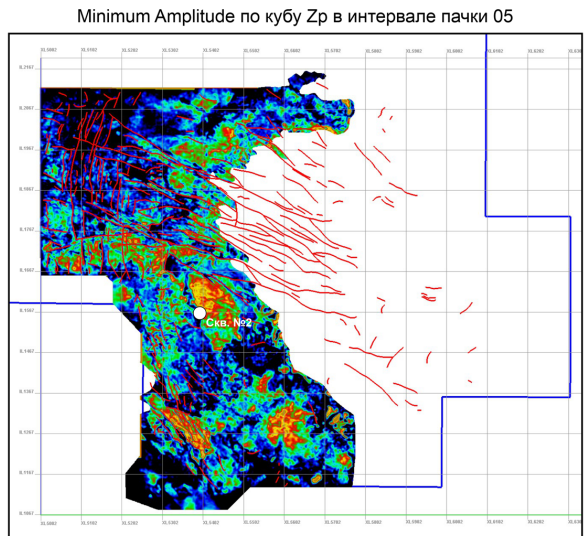
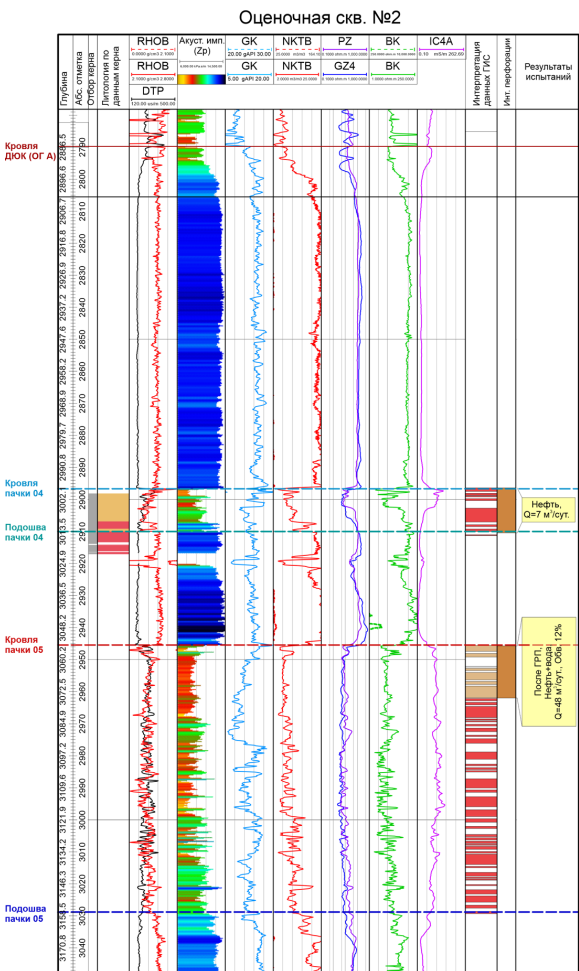


Рис. 8. Сейсмогеологическая характеристика отложений пачек 04 и 05 в оценочной скважине № 2

Литература

- Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации. (2022). Нефть. Сводные данные на 01.01.2022 г. Вып. 81. Добрыдень С.В. (2022). Определение минерального состава вулканогенных пород по данным геофизических исследований скважин. *Каротажник*, (1), с. 23–37.
- Соколов А.В., Шубина А.В. (2023). Анализ обеспеченности запасами нефти текущей добычи для различных стратиграфических комплексов Западной Сибири. *Георесурсы*, 25(1), с. 45–50. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.1.5>
- Ступакова А.В., Соколов А.В., Соболева Е.В., Кирюхина Т.А., Курасов И.А., Бордюг Е.В. (2015). Геологическое изучение и нефтегазоносность палеозойских отложений Западной Сибири. *Георесурсы*, (2), с. 63–76. <https://doi.org/10.18599/grs.61.2.6>
- Тыртов Е.С., Пигарев Д.Ю., Мососян М.М. (2020). Искать глубже: Стимулирование разведки доюрского комплекса Западной Сибири. *Нефтегазовая вертикаль*, (19), с. 44–50.
- Холманских Н.В., Сидоров Д.А., Лапина Л.В., Яневич Р.Б., Фищенко А.Н., Емельянов Д.В., Мельников Л.П. (2022). Прогноз продуктивных зон в доюрском комплексе на Красноярском месторождении. *Геология и недропользование*, (4), с. 4–16.
- Шадрина С.В. (2018). Состав, строение, возраст пород доюрского основания северо-восточного обрамления Красноярского свода. *Геология нефти и газа*, (4), с. 27–33.
- Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. (2009). *Rock Physics Handbook*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 524 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626753>

Сведения об авторах

- Вадим Дмитриевич Шмаков* – ведущий геолог отдела недропользования, геологоразведочных работ и запасов углеводородов, ООО «НК «Юганефтепром» 109028, Россия, Москва, ул. Покровский бульвар, д. 3 стр. 1А
- Никита Романович Касков* – начальник отдела сейсмогеологического моделирования и геологического сопровождения бурения, ООО «НК «Юганефтепром» 109028, Россия, Москва, ул. Покровский бульвар, д. 3 стр. 1А
- Алексей Александрович Бакулин* – главный геолог, ООО «НК «Юганефтепром» 109028, Россия, Москва, ул. Покровский бульвар, д. 3 стр. 1А
- Анна Павловна Шорохова* – геофизик 1 категории отдела сейсмогеологического моделирования и геологического сопровождения бурения, ООО «НК «Юганефтепром» 109028, Россия, Москва, ул. Покровский бульвар, д. 3 стр. 1А

Статья поступила в редакцию 24.04.2023;

Принята к публикации 21.08.2023; Опубликовано 30.09.2023

IN ENGLISH

ORIGINAL ARTICLE

Geological structure and reservoir productivity of Pre-Jurassic basement rocks of the Sredne-Nazymkoye oil field (Western Siberia): new data

V.D. Shmakov*, N.R. Kaskov, A.A. Bakulin, A.P. Shorokhova

Yugranefteprom NK LLC, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: Vadim D. Shmakov, e-mail: Vadim.Shmakov@lukoil.com

Abstract. The main tool for increasing of oil reserves are exploration works. Improving the scientific and technical support for exploration is a priority task for the oil industry. The article deals with the development of technology for prospecting and exploration of hydrocarbon deposits in the Pre-Jurassic basement rocks of Western Siberian oil and gas province, as well as approaches to improving the reliability of mapping prospective zones using seismic data. Using the example of the Sredne-Nazymkoye field, the seismogeological aspects of the forecast of oil and gas potential of the Pre-Jurassic complex and the main directions for reducing the uncertainties of the geological structure are shown.

Keywords: Western Siberia, Pre-Jurassic deposits, exploration works, seismic attribute, geological forecast, reservoir, core, oil reserves

Recommended citation: Shmakov V.D., Kaskov N.R., Bakulin A.A., Shorokhova A.P. (2023). Geological structure and reservoir productivity of Pre-Jurassic basement rocks of the Sredne-Nazymkoye oil field (Western Siberia): new data. *Georesursy = Georesources*, 25(3), pp. 111–118. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.3.14>

References

- Dobryden S.V. (2022). Determination of the mineral composition of volcanogenic rocks according to the data of geophysical studies of wells. *Каротажник*, 1(315), pp. 23–37. (In Russ.)
- Kholmansky N.V., Sidorov D.A., Lapin L.V., Yanewitz R.B., Fishchenko A.N., Emelyanov D.V., Melnikov L.P. (2022). Forecast of productive zones in the Pre-Jurassic complex at the Krasnoleninskoye field. *Geologiya i neдрopol'zovanie*, 4(8), pp. 4–16. (In Russ.)
- Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. (2009). *Rock Physics Handbook*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 524 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511626753>
- Sokolov A.V., Shubina A.V. (2023). Analysis of the reserves-to-production ratio for various stratigraphic complexes of Western Siberia.

Georesursy = Georesources, 25(1), pp. 45–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.18599/grs.2023.1.5>

State Balance of Mineral Reserves of the Russian Federation (2022). Oil. Summary data as of 01.01.2022. Issue 81. (In Russ.)

Shadrina S.V. (2018). Composition, structure and age of the Pre-Jurassic basement rocks in the north-eastern framing of the Krasnoleninsky anticlinal fold. *Geologiya Nefti I Gaza = Russian Oil And Gas Geology*, (4), pp. 27–33. (In Russ.)

Stoupakova A.V., Sokolov A.V., Soboleva E.V., Kiryukhina T.A., Kurasov I.A., Borydyug E.V. (2015). Geological survey and petroleum potential of Paleozoic deposits in the Western Siberia. *Georesursy = Georesources*, 2(61), pp. 63–76. (In Russ.) <http://dx.doi.org/10.18599/grs.61.2.6>

Tyrtov E.S., Pigarev D.Yu., Mososyan M.M. (2020). Stimulation of geological exploration of the Pre-Jurassic complex of Western Siberia. *Neftegazovaya vertical*, (19), pp. 44–50. (In Russ.)

About the Authors

Vadim D. Shmakov – Leading Geologist of the Department of Subsoil Use and Resources Management, Yugranefteprom NK LLC Build. 1A, 3, Pokrovsky Blvd., Moscow, 109028, Russian Federation

Nikita R. Kaskov – Head of the Geology Department, Yugranefteprom NK LLC Build. 1A, 3, Pokrovsky Blvd., Moscow, 109028, Russian Federation

Aleksey A. Bakulin – Chief Geologist, Yugranefteprom NK LLC Build. 1A, 3, Pokrovsky Blvd., Moscow, 109028, Russian Federation

Anna P. Shorokhova – Senior Petrophysicist of the Geology Department, Yugranefteprom NK LLC Build. 1A, 3, Pokrovsky Blvd., Moscow, 109028, Russian Federation

Manuscript received 24 April 2023;

Accepted 21 August 2023;

Published 30 September 2023