

Проблемы реализации нефтегазового потенциала баженовско-абалакского нефтегазоносного комплекса в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре

Е.Е. Оксенойд¹, В.И. Исаев^{2*}, С.Г. Кузьменков³, М.В. Новиков⁴, Т.Н. Печерин¹

¹Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпилемана, Тюмень, Россия

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

³Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Россия

⁴Департамент недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, Ханты-Мансийск, Россия

Целью настоящей работы является анализ проблем с ресурсами, запасами и разработкой баженовско-абалакского нефтегазоносного комплекса и поиск геолого-технологических решений для ввода запасов в разработку в промышленных масштабах. Это должно стабилизировать добычу нефти в округе на уровне 210–215 млн т. При выполнении работы анализировались в ретроспективе геолого-промысловые и отчетно-статистические данные Научно-аналитического центра рационального недропользования им. В.И. Шпилемана и Департамента недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Добыча нефти из залежей баженовско-абалакского комплекса с использованием традиционных технологий остается нерентабельной. На действующих месторождениях созданы реально работающие опытные участки и полигоны по апробации в производственном режиме технологий повышения эффективности разработки баженовско-абалакского комплекса пород. К сожалению, наработанный опыт зачастую остается в нефтяных компаниях. Несомненно, что на единичных инициативах нефтяников проблему освоения огромных ресурсов баженовской свиты решить нельзя.

Ключевые слова: баженовско-абалакский нефтегазоносный комплекс, нерентабельная добыча, Югра

Для цитирования: Оксенойд Е.Е., Исаев В.И., Кузьменков С.Г., Новиков М.В., Печерин Т.Н. (2023). Проблемы реализации нефтегазового потенциала баженовско-абалакского нефтегазоносного комплекса в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. *Георесурсы*, 25(1), с. 51–59. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.1.6>

Баженовская свита – уникальный ресурсный потенциал Югры

Большинство исследователей придерживаются мнения, что уникальность отложений баженовско-абалакского комплекса заключается в том, что он представлен нефтематеринской породой, в которой еще не завершены процессы преобразования органического вещества (ОВ) в углеводороды (Курчиков, 1992; Конторович и др., 2009; Конторович и др., 2013; Олейник, Оксенойд, 2015). Ранее подобные породы обычно рассматривались как неколлекторы. Зубков М.Ю. и др. (Проблемы нефтеносности баженовской свиты..., 1986; Оксенойд и др., 2018) считают, что углеводороды в породе баженовской свиты содержатся преимущественно в двух формах: 1) 23 % от объема породы в органическом веществе – керогене; 2) 7 % от объема породы в форме легкой нефти (продукт деструкции органического вещества). Породы баженовской свиты характеризуются следующими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС): пористость – около 8–10 %; проницаемость матрицы – 1–5 мД; проницаемость трещин – порядка 1 Д; нефтенасыщенность – около 80–90 %. Нефтекерогеносодержащие породы представлены двумя

принципиально отличными типами: почти непроницаемой матрицей и макротрещиноватой (трещинно-кавернозным) коллектором. Микротрещиноватый коллектор (матрица) является нефтеотдающим в макротрещиноватый коллектор легкую нефть, образующуюся в процессе деструкции керогена.

Целью настоящей работы является анализ сложившейся ситуации с ресурсами и запасами баженовско-абалакского нефтегазоносного комплекса (НГК), проблем разработки указанного комплекса пород и поиск геолого-технологических решений для ввода этих запасов в разработку в промышленных масштабах. При выполнении работы анализировались геолого-промысловые и отчетно-статистические данные Департамента недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО – ЮГРА) и Научно-аналитического центра рационального недропользования им. В.И. Шпилемана (НАЦ РН им. В.И. Шпилемана). Этот анализ является дополнением и детализацией анализа трудноизвлекаемых запасов (ТриЗ) нефти Югры (Кузьменков и др., 2018; Isaev et al., 2019; Кузьменков и др., 2019).

Запасы и ресурсы баженовско-абалакского комплекса пород

Баженовская свита распространена только на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (рис. 1).

* Ответственный автор: Валерий Иванович Исаев
e-mail: isaevvi@tpu.ru

© 2023 Коллектив авторов

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

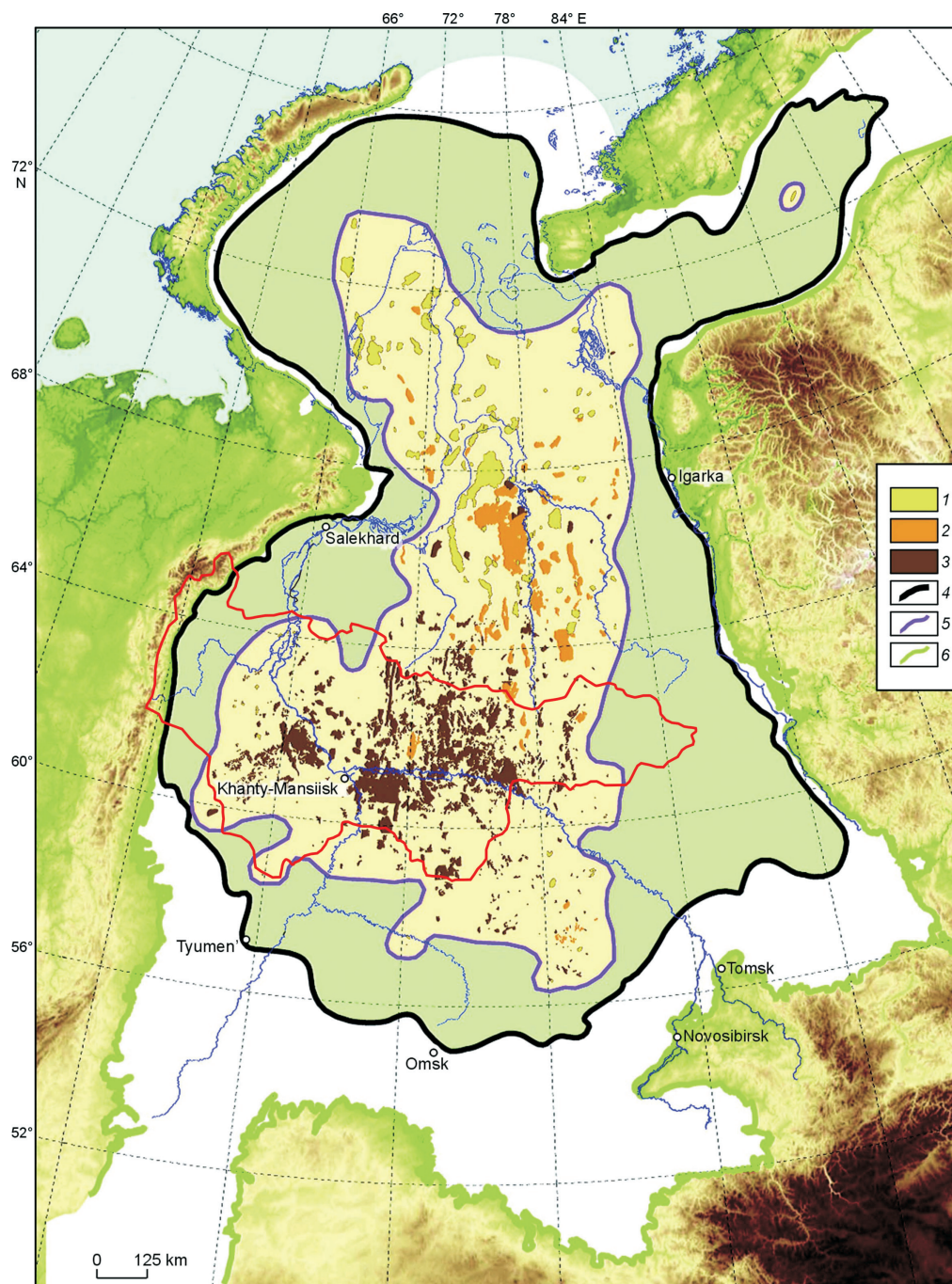


Рис. 1. Обзорная карта Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (Brekhtunsov et al., 2011), с дополнениями (Isaev et al., 2019): 1–3, месторождения: 1 – газосланцевые и газоконденсатные, 2 – нефтегазовые и нефтегазоконденсатные, 3 – нефтяные; 4–6, граница: 4 – Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, 5 – участков выявленной нефтегазоносности, 6 – Западно-Сибирской геосинеклизы. Красный контур – территория Югры

Согласно последней количественной оценке запасов и ресурсов нефти и газа Российской Федерации (на 1.01.2017) начальные суммарные ресурсы баженовской свиты составляют 17,5 млрд т (геологические) и 4,6 млрд т (извлекаемые). Выполненная НАЦ РН им. В.И. Шпилемана оценка ресурсов УВ баженовско-абалакского НГК территории ХМАО – Югры составила 10,6 млрд т геологических и 3 млрд т извлекаемых ресурсов нефти.

А.Э. Конторовичем потенциальные геологические ресурсы нефти в баженовской свите оцениваются в 140 млрд т, извлекаемые – 20 млрд т. Основной причиной таких разных оценок является отсутствие методов оценки объемов, ФЕС, параметров насыщения, а также

специальной технологии испытаний, разработанной непосредственно для нетрадиционного резервуара баженовского типа (Якуцени и др., 2007; Коркунов и др., 2013; Полукеев и др., 2013; Кузьмин и др., 2014; Забазлаев и др., 2016; Isaev et al., 2019; Оксенойд и др., 2022).

По состоянию на 01.01.2022 г. запасы нефти, газа и конденсата в баженовской свите и её возрастных аналогах сосредоточены в 172 залежах (рис. 2): 78 залежей баженовской свиты (в составе баженовско-абалакского НГК); 44 залежи абалакской свиты (в составе баженовско-абалакского НГК); 16 залежей совместно баженовской и абалакской свиты (в составе баженовско-абалакского НГК); 33 залежи отнесены к зонам аномального строения

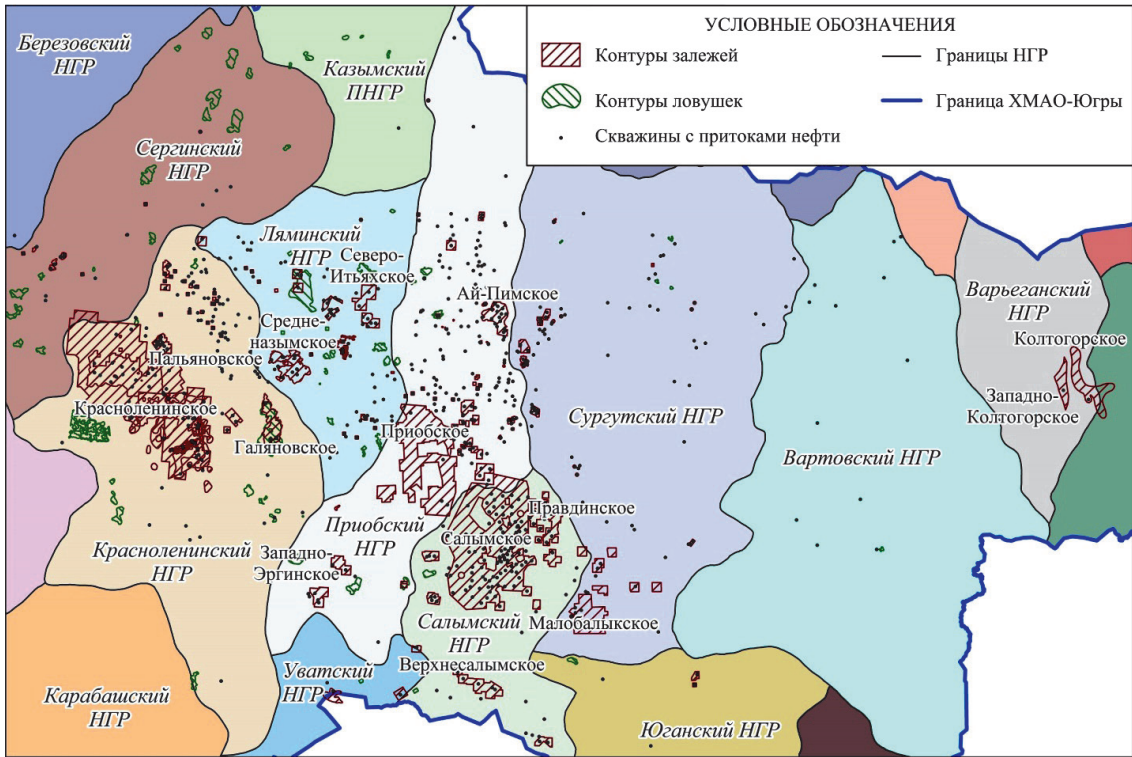


Рис. 2. Схематическая карта нефтеносности отложений баженовско-абалакского НГК ХМАО – Югры (по материалам НАЦ РН им. В.И. Шпилемана, с изменениями авторов от 2022 г.)

разрезов баженовской свиты (в составе ачимовской части осложненного неокомского комплекса); 1 залежь отнесена к зоне аномального строения разрезов баженовской свиты (в составе васюганского НГК).

Запасы нефти в баженовской свите числятся на балансе Ростгеолфонда на 01.01.2021 г.: геологические – 1891,45 млн т; извлекаемые – 527,1 млн т. Более 80 % разведанных запасов (ABC₁) приходится на Салымское месторождение. Основная доля запасов баженовской нефти находится в нераспределенном фонде недр. Залицензированы только 18 % извлекаемых запасов категории ABC₁ и 32 % по категории C₂. В табл. 1 представлены запасы нефти в баженовско-абалакских отложениях в целом и по месторождениям, вовлеченным в разработку.

Добыча углеводородов из баженовско-абалакского комплекса

Говоря о динамике добычи нефти из данного НГК, отметим следующее. До 2010 года добыча нефти из отложений баженовской и абалакской свит велась на 22 месторождениях из 60 открытых. За период в 15 лет (1996–2011 гг.) добыча нефти составила чуть более 13 млн т.

В 2021 году из отложений баженовско-алакского комплекса было добыто 912,7 тыс. т, при этом накопленная добыча из него на 01.01.2021 за весь период нефтедобычи в Югре составила 23,205 млн т, или менее 0,2 % от общей добычи нефти с начала освоения месторождений ХМАО–Югры. Это свидетельствует о том, что эффективное освоение трудноизвлекаемых запасов нефти баженовских отложений невозможно без внедрения организационных и технологических инноваций (Isaev et al., 2019; Кузьменков и др., 2020). В течение 1 полугодия 2021 года добыча из баженовско-абалакского НГК велась на 24 месторождениях из 254 скважин (рис. 3).

На рисунке 4 представлена добыча нефти из баженовско-абалакского комплекса в 2022 году по основным разрабатываемым месторождениям.

В основном годовая добыча на месторождениях не превышает 100 тыс. т. Исключением является Ай-Пимское месторождение Сургутнефтегага, на котором в 2013–2015 гг. ежегодная добыча превышала 300 тыс. т. Последующий период характеризуется отрицательной динамикой объемов добычи, которая в 2022 году составила всего 111 тыс. т. В 2022 году, по сравнению с 2020 г.,

Баженовско-абалакские отложения	Накопленная добыча на 1.01.2023, тыс. т			Текущие запасы на 01.01.2023, тыс. т.											
				кат. А		кат. В ₁		кат. В ₂		кат. С ₁		кат. С ₂		ΣAB ₁ B ₂ C ₁ C ₂	
	кат. А	кат. В ₁	кат. С ₁	Геол.	Извл.	Геол.	Извл.	Геол.	Извл.	Геол.	Извл.	Геол.	Извл.	Геол.	Извл.
В целом	11094	1774	641	108848	6272	941838	123992	1673813	129382	57022	10098	170095	28627	2951616	298371
Месторождения, в разработке	11094	1698	-	108848	6272	837508	114939	990649	86807	2153	108	-	-	1939158	208126

Табл. 1. Запасы нефти в баженовско-абалакских отложениях ХМАО – Югры (по данным НАЦ РН им. В.И. Шпилемана, источник – протоколы ГКЗ)



Рис. 3. Количество добывающих скважин баженовско-абалакского комплекса в 2021 г.

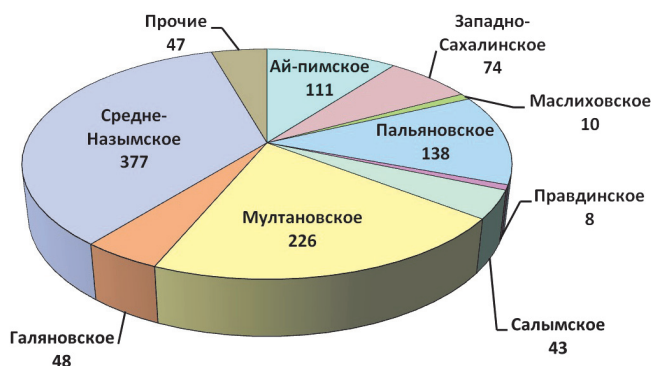


Рис. 4. Добыча нефти (тыс. т) из баженовско-абалакских отложений в 2022 г. по основным разрабатываемым месторождениям (по данным НАЦ РН им. В.И. Шпилемана, источник – МЭР)

на ряде месторождений произошел прирост добычи нефти, в том числе на Средне-Назымском (+164 тыс. т), Пальяновском (+40 тыс. т) и Мултановском (+30 тыс. т).

На рисунке 5 представлена динамика добычи нефти из баженовско-абалакского комплекса за период 2000–2022 гг. по нефтедобывающим компаниям.

К сожалению, наработанный опыт и ценная информация зачастую остаются в нефтяных компаниях. Несомненно, что на единичных инициативах нефтяников проблему освоения огромных ресурсов баженовской свиты решить нельзя. Добыча нефти из залежей

баженовско-абалакского комплекса с использованием традиционных технологий является нерентабельной по ряду геологических и технологических причин.

Среди геологических отметим следующие:

- только 10 % текущего, эксплуатируемого неравномерно, добычного потенциала комплекса (запасов и ресурсов) можно отнести к разведанным и вовлеченным в разработку запасам;

- запасы категории А баженовско-абалакского комплекса выработаны более чем на 50 %, а разработка запасов категорий B_1 и C_1 фактически только начата (отбор от НИЗ – около 1 %);

- текущий коэффициент извлечения нефти (КИН), в виду отсутствия апробированных в промышленном масштабе технологических решений, направленных на повышение КИН, является условной величиной и не превышает 0,1–0,3.

При бурении скважин и эксплуатации отложений баженовско-абалакского НГК, технологические процессы, элементарные в обычных геолого-физических условиях, также сопряжены с рядом сложностей, а именно:

- при строительстве скважин с аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД) при вскрытии баженовской свиты используются утяжеленные буровые растворы, что осложняет технологию первичного и вторичного вскрытия пласта;

- при освоении скважины продолжительное время (свыше 6 месяцев, а иногда даже до одного года) простаивают с раствором на забое, что отрицательно сказывается в дальнейшем на их производительности. При этом утяжеленный буровой раствор при высоком давлении, превышающем пластовое давление, и при температурах до 130 °С приводит к загрязнению призабойной зоны скважины и увеличению зоны кольматации;

- при вскрытии баженовской свиты могут наблюдаться выбросы и поглощения ФБР, приводящие к авариям с вынужденным выбытием скважины;

- во время освоения скважины с АВПД после ремонта, при замене столба нефти жидкостью, глушения и ее промывки, в течение длительного срока наблюдаются

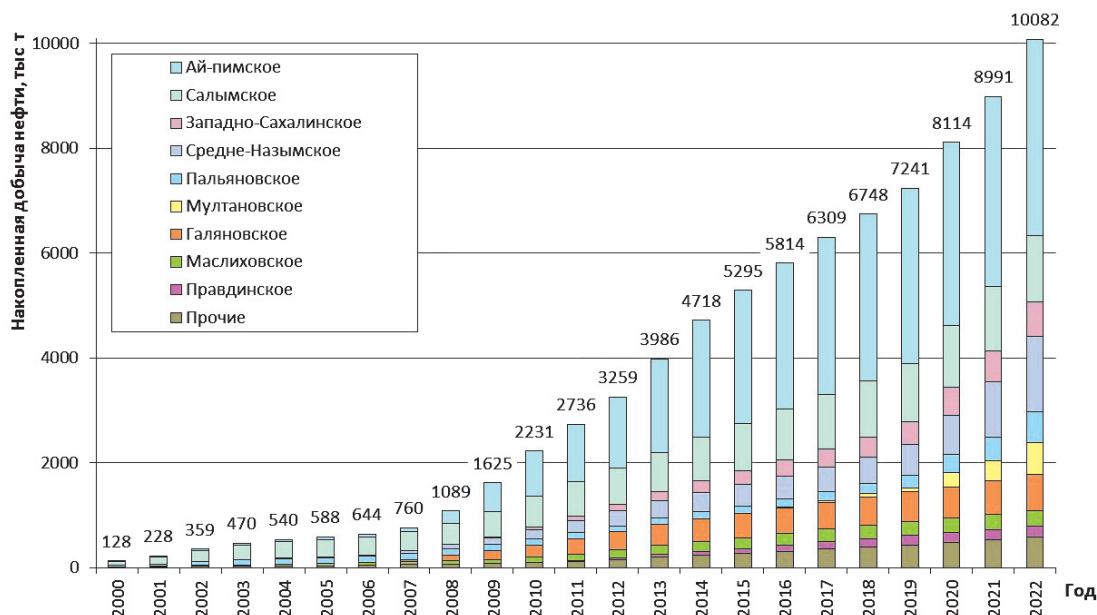


Рис. 5. Динамика добычи нефти из залежей баженовско-абалакского НГК за период 2000–2022 гг.

самопроизвольные выбросы нефти, что может вызвать аварийность подвесного оборудования, повышенную пожароопасность и негативно повлиять на окружающую среду.

Все перечисленное в итоге приводило к увеличению эксплуатационных расходов.

Несмотря на трудности изучения баженовских объектов, ряд фактов по ним установлен с удовлетворительной степенью надежности. В их числе – неэффективность воды в качестве вытесняющего агента. В качестве причин, помимо гидрофобной поверхности капилляров, необходимо отметить сочетание плотных и трещиноватых пород, которое ведет к избирательному вытеснению нефти водой из проводящих трещин. Кроме того, процесс закачки воды осложнен из-за аномально высокого пластового давления.

Основные направления повышения эффективности разработки залежей баженовско-абалакского НГК

По «баженовской» тематике, начиная с 2013 года, в Ханты-Мансийске, Тюмени, Москве и других городах России по инициативе Правительства ХМАО – Югры было проведено более 30 мероприятий различного статуса. Хронологически они закреплены в переписке (письма, протоколы, решения, соглашения и др.) и имеются в распоряжении авторов (Коркунов и др., 2013; Полукеев и др., 2013; Кузьменков, 2014). Из этих документов следует, что решение задач активного вовлечения в промышленную разработку ресурсного потенциала баженовско-абалакского комплекса без объединения усилий производства, науки и органов государственной власти невозможно.

Проведенными ранее исследованиями (Полукеев и др., 2013; Кузьмин и др., 2014) установлены наиболее значимые геологические, технологические и методологические проблемы, тормозящие ввод в промышленных масштабах залежи баженовско-абалакского НГК, а именно: 1) оценки ресурсов и запасов нефти баженовско-абалакского комплекса; 2) нормативно-правового обеспечения и финансово-экономического стимулирования недропользования в части добычи УВС из ТриЗ; 3) лицензирования и регулирования использования недр; 4) технологий добычи, сервиса и оборудования; 5) кадрового обеспечения и развития научного потенциала территорий.

Намечены (Забазлаев и др., 2016) основные тематические и технологические направления по изучению и освоению залежей баженовско-абалакского НГК, включающие: 1) разработку методики локальной оценки продуктивности отложений баженовской свиты; 2) разработку методики определения подсчетных параметров пород по данным ГИС; 3) создание и дальнейшее совершенствование методики построения геолого-гидродинамических моделей пласта; 4) создание технологии бурения горизонтальных скважин в условиях АВПД и обрушения стенок ствола скважин, в том числе при вскрытии пласта на депрессии; 5) испытание и отработка технологии проведения многосекционного ГРП в горизонтальных скважинах с проведением микросейсмических исследований.

В марте 2017 года ПАО «Газпром нефть» выступило с инициативой по строительству на территории Пальяновского лицензионного участка технологического центра «Бажень», основной целью которого является

создание комплекса отечественных технологий и оборудования для эффективной разработки баженовской свиты. Первые льготы этот проект получил на региональном уровне – Губернатор ХМАО – Югры Н.В. Комарова подписала закон (№68-оз от 29.10.17) о предоставлении льготы по налогу на имущество, создаваемому в рамках реализации национального проекта отечественных технологий для рентабельного освоения баженовской свиты. А уже в 2018 году, по инициативе Правительства автономного округа между ООО «Технологический центр «Бажень» (ПАО «Газпром нефть») и НАЦ РН им. В.И. Шпильмана был создан Центр Исследования Керна (ЦИК).

В 2018 году Правительством Югры принято распоряжение от 01.06.2018 года № 273-рп «Создание комплекса отечественных технологий и высокотехнологичного оборудования разработки запасов баженовской свиты» на Пальяновской площади Краснотинского месторождения. Для реализации проекта разработана «Дорожная карта» создания технологических партнёрств по привлечению и испытанию новых технологий разработки ТриЗ (табл. 2).

По состоянию на 2021 год в рамках реализации проекта пробурено 4 скважины с зарезкой боковых стволов длиной ГС 300–600 м. На одной скважине после стимуляции получены промышленные притоки, превышающие 50 м³/сут, на трех скважинах выполнена стимуляция с расходом до 11 м³/мин, испытаны технологии интеллектуальной кластерной перфорации, установки отсекающих композитных пробок и тандема перфораторов, проведена наработка компетенций по использованию подвесок хвостовиков, вращаемых в процессе спуска и цементирования и подтверждены возможности бурения с прохождением несовместимых нестабильных интервалов. В рамках ОПИ начата реализация технологии РдР (стендовые испытания технологии посадки пробки и ПВР на кабеле).

2022–2025 годы должны стать периодом промышленного внедрения технологий и их тиражирования на внутренний и внешний рынки. Системную отработку и испытание новых отечественных технологий предполагается проводить на базе ООО «Газпромнефть – Технологические партнёрства».

Как было отмечено выше, с 2018 года на базе окружного кернохранилища НАЦ РН им. В.И. Шпильмана осуществляется реализация проекта Центр Исследования Керна. В основе реализации проекта заложены ряд ключевых уровней или компетенций: 1) первичные работы с полноразмерным керном и шламом; 2) комплексная пробоподготовка; 3) уточнение вещественного состава образцов горных пород; 4) определение вещественного состава исследуемого керна; 5) выяснение петрофизических особенностей изучаемых отложений; 6) изучение физико-механических свойств горных пород; 7) геохимические исследования керна; 8) анализ физико-химических особенностей пластовых флюидов.

Для реализации указанных компетенций ЦИК оснащен самым современным аналитическим оборудованием. Это оборудование, кроме обычных лабораторных исследований керна и шлама (профильные, литолого-минералогические и геохимические), позволяет провести сложный рентгенофазовый и пиролитический анализы образцов керна. А на основе уточнения условий формирования

	Технология	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
СОФТ	Петрофизические атласы перспективности баженовской свиты и доманиковых отложений										
	Симулятор многостадийного ГРП «РОСТ»										
	Программный модуль для определения оптимальных технологических параметров разработки в условиях бажена и аналогов										
ГИС	Электрический микросканер для выявления зон трещиноватости										
	Определение минерального состава пласта										
Навигация	Комплекс приборов повышения информативности каротажа во время бурения ГС										
	Отечественный комплекс приборов каротажа во время бурения ГС (ГК + телесистема + сопротивление)										
	Система опережающей геонавигации для повышения эффективности проводки ГС										
Бурение	Буровой раствор (РУО) для снижения рисков поглощения при бурении и потери продуктивности ГС										
	Повышение качества цементирования за счет использования эластичных тампонажных растворов										
	Роторно-управляемая система для бурения ГС длиной более 1200м										
	Шаровые компоновки заканчивания и подвеска хвостовика с возможностью вращения										
МГРП	Компоненты для жидкости ГРП отечественного производства (структурообразователь, брейкер, сшиватель)										
	Пробки и прочие технологии разделения стадий МГРП										
	Комплекс отечественного оборудования для построения высокоскоростного флота ГРП										
ПГИ	Маркированный проппант для определения высоты трещины ГРП в вертикальных скважинах										
МУН	Комплекс оборудования для осуществления термохимического воздействия с целью увеличения нефтеотдачи баженовской свиты										
Добыча	Технологический комплекс для осуществления временной транспортировки нефти в труднодоступных районах										
	Мобильная производственная база для рациональное использование МТР, с минимальным воздействием на окружающую среду										
	Мобильный комплекс освоения скважин и проведения пробной эксплуатации нефтяных месторождений										
	Погружное роторно-вихревое насосное оборудование для добычи из нефтяных скважин										
Подготовка ОКР ОПИ Тираж											

Табл. 2. Дорожная карта замещения и опережения импорта проекта «Бажен» (по материалам Департамента недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры)

пород и создания минерально-компонентной модели породы, проводится детальная интерпретация результатов геофизических исследований скважин, уточнение фильтрационно-емкостных свойств пород, и дается «реальная» оценка рентабельности нефтяных месторождений. Не вдаваясь в полное перечисление всех доступных на сегодня видов исследований, отметим, что в ЦИК создан лабораторный комплекс для полного цикла геохимических исследований пластовых флюидов.

Совокупность результатов исследований по указанным компетенциям предназначена, в первую очередь, для залежей баженовско-абалакского НГК, но может быть адаптирована и использована в промышленных масштабах для

месторождений с другими видами ТриЗ при: 1) подсчёте запасов УВС; 2) составлении и адаптации гидродинамических моделей залежей; 3) оценке рентабельности нефтяных месторождений, в том числе и с ТриЗ; 4) уточнении геологической модели нефтегазоносных объектов (пласт, месторождение, бассейн).

Указанные выше виды камеральных исследований нацелены, прежде всего, на лабораторные исследования, а как же обстоят дела с технологическими решениями непосредственно на скважине? Этот вопрос остается открытым по ряду причин.

Во-первых, предприятия ТЭК, занимающиеся разработкой залежей баженовско-абалакского комплекса,

скрывают свои достижения и неудачи от сторонних организаций и даже от контролирующих органов.

Во-вторых, принятые компаниями при проектировании и фактически реализуемые технологические решения, не говоря уже о перспективных технологиях по участкам месторождений, где опыт добычи нефти из отложений баженовской свиты оценивается как наибольший, также являются недоступными для широкого круга геологической общественности.

Традиционные технологические решения при разработке залежей нефти баженовско-абалакского НГК

показали низкую эффективность, а методы воздействия на продуктивный пласт, например вытеснение нефти нагнетаемой водой, вообще оказываются неприменимыми из-за специфического строения нефтесодержащей породы. Новые же технологии требуют усовершенствования, в т.ч. с учетом промысловых испытаний.

Из всего спектра полевых опытных и/или опытно-промышленных работ, с целью повышения экономической эффективности разработки залежей нефти в баженовско-абалакском комплексе пород, сегодня следует выделить технологии, представленные в таблице 3.

ТЕХНОЛОГИЯ	ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	РЕЗУЛЬТАТ + и -
Создание искусственной трещиноватости путем закачки воды в отложения (пласт) баженовской свиты	При воздействии на образцы керна водой (давление около 10 МПа) происходит их дробление с густотой трещин: в глинисто-кремнисто-корогеновом литотипе – до 1000 трещин/метр; в кероген-глинисто-карбонатном литотипах – до 400 трещин/метр.	На опытном участке Маслиховского месторождения (3 скважины) длина трещин достигает нескольких сотен метров, т.е. достигается 100% охват продуктивной зоны. Количество работающих интервалов увеличилось на 25%	+ Двукратное увеличение потенциально извлекаемых запасов по участку ОПР, длительность эффекта более 6 мес. - Резкое увеличение обводненности за счет притока (перетока) воды из неперфорированных горизонтов
Горизонтальное бурение с интенсификацией методом многозонного гидроразрыва пласта		Свыше 60 скважин на Салымском, Ай-Пимском, Средне-Назымском и Краснотенинском (Пальяновская площадь) месторождениях. В последнем случае протяженность стволов достигает несколько км.	+ Входные дебитыкратно превышают аналогичные показатели скважин обычного профиля на соответствующих месторождениях, по 3 скважинам входной дебит превысил 100 т/сут - Из-за отсутствия системы поддержания пластового давления дебиты быстро снижаются – на порядок в течение 2-3 лет
Дилатансионные технологии (механические, тепловые и химические) на пласт с целью преобразования непродуктивной или низкопродуктивной породы в высокопродуктивную	Механический фактор – трещины с раскрытием до 5-7 мм. Тепловой фактор – расплавление тяжелых компонент нефти. Химический фактор - аналогичный эффекту от обработок призабойной зоны химическими реагентами.	Применялись на отложениях васюганской (Стрежевское месторождение) и тюменской (Славинское и Хултурское месторождения) свит. На отложениях баженовской свиты опыт применения отсутствует.	+ Увеличение дебита по нефти в 2-8 раз с продолжительностью эффекта до полутора лет. - Фактором риска при дилатансионном воздействии выступает возможное нарушение целостности скважины.
Увеличение нефтеотдачи при естественном режиме за счет перехода на режим растворенного газа (через снижение давления ниже давления насыщения).	Нефти баженовской свиты очень легкие, незначительной вязкости, с высоким (порядка 100 нм ³ /т) газосодержанием и давлением насыщения выше 10 МПа. В то же время снижение пластового давления сопровождается смыканием трещин.	Отсутствует	+ Теоретически (по формуле API) коэффициент извлечения нефти оценивается в 2-7 раз выше, чем при упругом режиме. - По факту даже при снижении давления близко к давлению насыщения отборы резко снижаются.
Термическое преобразование керогеносодержащей породы путем термогазового воздействия – нагнетания воздуха.	При нагреве до 250-350 °С кероген в породе преобразуется в легкую нефть, что сопровождается развитием дополнительных проводящих каналов.	2 опытных участка (12 скважин) на Средне-Назымском месторождении.	+ Двукратное увеличение запасов нефти, дренируемых скважинами - Прорывы газа, пожароопасность, сгорание керогена и нефти
Изменение смачиваемости породы баженовской свиты с гидрофобной на гидрофильную посредством гидротермического воздействия	При температурах 100 °С и выше вода быстро меняет тип смачиваемости поверхности породы с гидрофобной на гидрофильную	Отсутствует	Отсутствует

Табл. 3. Основные направления повышения эффективности разработки ТРИЗ баженовско-абалакского НГК

Заключение

На 01.01.2021 на балансе Росгеолфонда числятся запасы нефти в баженовской свите: геологические – 1891,45 млн т; извлекаемые – 527,1 млн т. Более 80 % разведанных запасов (ABC₁) принадлежит Салымскому месторождению. Основная доля запасов баженовской нефти находится в нераспределенном фонде недр. Накопленная добыча на 01.01.2023 за весь период нефтедобычи в Югре составила 23,205 млн т, или менее 0,2 % от общей добычи нефти с начала освоения месторождений ХМАО – Югры.

Добыча нефти из залежей баженовско-абалакского комплекса с использованием традиционных технологий является нерентабельной по ряду геологических и технологических причин. Эффективное освоение трудноизвлекаемых запасов нефти баженовских отложений невозможно без внедрения организационных и технологических инноваций. К сожалению, наработанный опыт и ценная информация зачастую остаются в нефтяных компаниях. Несомненно, что на единичных инициативах нефтяников проблему освоения огромных ресурсов баженовской свиты решить нельзя.

Несмотря на трудности изучения баженовских объектов, ряд фактов по ним установлен с удовлетворительной степенью надежности. Определены наиболее значимые геологические и технологические проблемы, тормозящие освоение в промышленных масштабах залежей баженовско-абалакского НГК. Намечены основные тематические и технологические направления по изучению и освоению залежей баженовско-абалакского НГК.

В 2018 году Правительством Югры принято распоряжение «Создание комплекса отечественных технологий и высокотехнологичного оборудования разработки запасов баженовской свиты» на Пальяновской площади Краснотурбинского месторождения. Для реализации проекта разработана «Дорожная карта» создания технологических партнёрств по привлечению и испытанию новых технологий разработки ТРИЗ. 2022–2025 годы должны стать периодом промышленного внедрения технологий и их тиражирования на внутренний и внешний рынки.

Литература

- Забозлаев А.Г., Филатов С.А., Новиков М.В., Шпильман А.В., Стулов П.А., Кузьменков С.Г. (2016). Современные вызовы ТЭК Югры и пути их решения. *Недропользование XXI век*, 5, с. 24–31.
- Контарович А.Э., Фомин А.Н., Красавчиков В.О., Истомин А.В. (2009). Катагенез органического вещества в кровле и подошве юрского комплекса Западно-Сибирского мегабассейна. *Геология и геофизика*, 50(11), с. 1191–1200. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2009.10.001>
- Контарович А.Э., Контарович В.А., Рыжкова С.В., Шурыгин Б.Н., Вакуленко Л.Г., Гайдебурова Е.А., Данилова В.П., Казаненков В.А., Ким Н.С., Костырева Е.А., Москвин В.И., Ян П.А. (2013). Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде. *Геология и геофизика*, 54(8), с. 972–1012. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.07.002>
- Коркунов В.В., Новиков М.В., Кузьменков С.Г. (2013). Упущенные возможности в стабилизации уровня добычи нефти. *Недропользование XXI век*, 4, с. 36–39.
- Кузьменков С.Г. (2014). В Югре создается полигон «Баженовский». *Недропользование XXI век*, 5, с. 9–11.
- Курчиков А.Р. (1992). Гидрогеотермические критерии нефтегазоносности. М: Недр, 231 с.
- Кузьмин Ю.А., Кузьменков С.Г., Полукеев С.М., Новиков М.В., Коркунов В.В. (2014). Трудноизвлекаемые запасы нефти баженовских отложений ХМАО–Югры. *Недропользование XXI век*, 3, с. 56–63.
- Кузьменков С.Г., Исаев В.И., Булатов В.И., Аюпов Р.Ш., Игенбаева Н.О., Кузьмин Ю.А., Стулов П.А. (2018). Развитие нефтегазового комплекса Югры, трудноизвлекаемы запасы. *Известия Томского*

политехнического университета. *Инжиниринг георесурсов*, 329(11), с. 103–113.

Кузьменков С.Г., Кузьмин Ю.А., Стулов П.А., Аюпов Р.Ш., Булатов В.И., Игенбаева Н.О., Исаев В.И., Лобова Г.А. (2019). Идентификация трудноизвлекаемых запасов нефти Югры. *Геофизический журнал*, 41(4), с. 114–124. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i4.2019.177372>

Кузьменков С.Г., Аюпов Р.Ш., Новиков М.В., Исаев В.И., Лобова Г.А., Стулов П.А., Бутин В.С., Астапенко Е.О. (2020). Методы увеличения нефтеотдачи на месторождениях Югры. *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 331(4), с. 96–106.

Олейник Е.В., Оксенойд Е.Е. (2015). Литологические особенности баженовско-абалакских отложений Фроловской мегавпадины (Западная Сибирь). *Эволюция осадочных процессов в истории Земли: мат. 8-го Всероссийского литологического совещания*. Т. 1. М: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, с. 254–257.

Оксенойд Е.Е., Козлов И.В., Баширов Р.И. (2018). Минерально-вещественный состав и фильтрационно-емкостные свойства баженовских пород в центральной части Западной Сибири. *Недропользование XXI век*, 1, с. 30–37.

Оксенойд Е.Е., Поповская В.Г., Печерин Т.Н., Демичев П.С. (2022). Динамика освоения трудноизвлекаемых запасов баженовско-абалакского нефтегазового комплекса на территории ХМАО–Югры. *Геология нефти и газа*, 2, с. 95–104. <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2022-2-95-104>

Проблемы нефтеносности баженовской свиты Западной Сибири (1986). Сборник научных трудов. М: ИГИРГИ, 140 с.

Полукеев С.М., Шпильман А.В., Кузьмин Ю.А., Коркунов В.В., Новиков М.В., Кузьменков С.Г. (2013). Стабилизация добычи нефти в Югре за счет трудноизвлекаемых запасов – миф или реальность? *Недропользование XXI век*, 5, с. 12–19.

Якуцени В.П., Петрова Ю.Э., Суханов А.А. (2007). Динамика доли относительного содержания трудноизвлекаемых запасов нефти в общем балансе. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. Т. 2. <https://www.ngtp.ru/rub/2007/023.html>

Brekhtunsov A.M., Monastyrnev B.V., Nesterov I.I. (Jr.) (2011). Distribution patterns of oil and gas accumulations in West Siberia. *Russian Geology and Geophysics*, 52(8), pp. 781–791. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2011.07.004>

Isaev V.I., Kuzmenkov S.G., Ayupov R.Sh., Kuzmin Yu. A., Lobova G.A., Stulov P.A. (2019). Hard-to-recover Reserves of Yugra Oil (West Siberia). *Geophysical Journal*, 41(1), pp. 33–43. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158862

Сведения об авторах

Елена Ефимовна Оксенойд – кандидат геол.-мин. наук, заведующая отделением геологии, Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И Шпильмана Россия, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, д. 75, а/я 286

Валерий Иванович Исаев – доктор геол.-мин. наук, профессор отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов, Национальный исследовательский Томский политехнический университет Россия, 635050, Томск, пр. Ленина, д. 30

Станислав Григорьевич Кузьменков – доктор геол.-мин. наук, профессор Института геологии нефти и газа, Югорский государственный университет Россия, 628012, Ханты-Мансийск, ул. Чехова, д. 16

Максим Васильевич Новиков – заместитель директора, Департамент недропользования и природных ресурсов Ханты-Мансийского автономного округа – Югры Россия, 628007, Ханты-Мансийск, ул. Студенческая, д. 2

Тимофей Николаевич Печерин – кандидат тех. наук, старший научный сотрудник лаборатории моделирования и анализа разработки нефтяных месторождений, Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана Россия, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, д. 75, а/я 286

Статья поступила в редакцию 31.01.2023;

Принята к публикации 24.02.2023; Опубликована 30.03.2023

Problems of oil and gas potential realization in Bazhenov-Abalak play in Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra

E.E. Oksenoyd¹, V.I. Isaev^{2*}, S.G. Kuzmenkov³, M.V. Novikov⁴, T.N. Pecherin¹

¹V.I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil, Tyumen, Russian Federation

²National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russian Federation

³Yugra State University, Khanty-Mansiysk, Russian Federation

⁴Department of Subsurface Management & Natural Resources of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Khanty-Mansiysk, Russian Federation

*Corresponding author: Valery I. Isaev, e-mail: isaevvi@tpu.ru

Abstract. This research aims to analyze problems related to resources, reserves and development of Bazhenov-Abalak oil and gas play and to find geological and technological solutions for bringing reserves into development commercially. This should stabilize oil production in Okrug on the level 210–215 million of tons. Geological, field and statistical data from V.I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil and Department of Subsurface Management & Natural Resources of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra were retrospectively analyzed during this research.

Oil production from Bazhenov-Abalak play using conventional technologies is still sub economic. Running experimental areas and test ranges for industrial approval of development efficiency enhancement technologies for Bazhenov-Abalak play are created on producing fields. Unfortunately, accumulated experience ends up inside oil companies. Undoubtedly, single initiatives of oilmen will not solve a problem of development of huge resources in Bazhenov formation.

Key words: Bazhenov-Abalak oil and gas play, sub economic production, Yugra

Recommended citation: Oksenoyd E.E., Isaev V.I., Kuzmenkov S.G., Novikov M.V., Pecherin T.N. (2023). Problems of oil and gas potential realization in Bazhenov-Abalak play in Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. *Georesursy = Georesources*, 25(1), pp. 51–59. <https://doi.org/10.18599/grs.2023.1.6>

References

- Brekhtunsov A.M., Monastirev B.V., Nesterov I.I. (Jr.) (2011). Distribution patterns of oil and gas accumulations in West Siberia. *Russian Geology and Geophysics*, 52(8), pp. 781–791. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2011.07.004>
- Isaev V.I., Kuzmenkov S.G., Ayupov R.Sh., Kuzmin Yu. A., Lobova G.A., Stulov P.A. (2019). Hard-to-recover Reserves of Yugra Oil (West Siberia). *Geophysical Journal*, 41(1), pp. 33–43. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158862
- Issues of oil and gas potential of Bazhenov formation in Western Siberia (1986). Proceedings. Moscow: IGIRGI, 140 p. (In Russ.)
- Kontorovich A.E., Fomin A.N., Krasavchikov V.O., Istomin A.V. (2009). Catagenesis of organic matter at the top and base of the Jurassic complex in the West Siberian megabasin. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 50(11), pp. 1191–1200. (In Russ.) <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2009.10.001>
- Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Ryzhkova S.V., Shurygin B.N., Vakulenko L.G., Gaideburova E.A., Danilova V.P. et al. (2013). Jurassic paleogeography of the West Siberian sedimentary basin. *Geologiya i geofizika = Russian Geology and Geophysics*, 54(8), pp. 972–1012. (In Russ.)
- Korkunov V.V., Novikov M.V., Kuzmenkov S.G. (2013). Missed opportunities in the stabilization of the level of oil extraction. *Nedropolzovanie XXI vek*, 4, pp. 36–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2013.07.002>
- Kuzmenkov S.G. (2014). In Ugra is created polygon “Bazhenovsky”. *Nedropolzovanie XXI vek*, 5, pp. 9–11. (In Russ.)
- Kurchikov A.R. (1992). Hydrogeothermal criteria of oil and gas potential. Moscow: Nedra Publ., 231 p.
- Kuzmin, I. A., Kuzmenkov, S. G., Polukeev, S. M., Novikov, M. V., & Korkunov, V. V. (2014). Hard-to-recover oil reserves of Bazhenov deposits in KhMAO-Yugra. *Nedropolzovaniye XXI vek*, 3, pp. 56–63. (In Russ.)
- Kuzmenkov, S.G., Isaev, V.I., Bulatov, V.I., Ayupov, R.S., Eginbaeva, N.O., Kuzmin Yu.A., Stulov, P.A. (2018). Development of Yugra oil and gas complex, hard-to-extract reserves. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 329(11), pp. 103–113. (In Russ.)
- Kuzmenkov S.G., Kuzmin Yu.A., Stulov P.A., Ayupov R.Sh., Bulatov

V.I., Igenbaeva N.O., Isaev V.I., Lobova G.A. (2019). Identification of hard-to-recover reserves of Ugra oil. *Geofizicheskiy zhurnal = Geophysical Journal*, 41(4), pp. 114–124. (In Russ.) <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i4.2019.177372>

Kuzmenkov S.G., Ayupov R.S., Novikov M.V., Isaev, V. I., Lobova G.A., Stulov, P.A., Butin V.S., Astapenko E.O. (2020). Enhanced oil recovery methods at fields of Yugra. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 331(4), pp. 96–106. (In Russ.)

Oleynik E.V., Oksenoyd E.E. (2015). Lithological features of Bazhenov-Abalak rocks in Frolov megadepression (Western Siberia). *Evolution of sedimentary processes in Earth history. Proc. 8 All-Russ. Lithological Conf. V. 1*. Moscow: Gubkin Russian State University of Oil and Gas, pp. 254–257. (In Russ.)

Oksenoyd E.E., Kozlov I.V., Bashirov R.I. (2018). Mineral and matter composition and reservoir properties of bazhen rocks in the central part of the West Siberia. *Nedropolzovaniye XXI vek*, 1, pp. 30–37. (In Russ.)

Oksenoyd E.E., Popovskaya V.G., Pecherin T.N., Demichev P.S. (2022). Dynamics of hard-to-recover reserves development: Bazhenov-Abalak Play in Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. *Geologiya Nefti i Gaza = Russian Oil and Gas Geology*, 2, pp. 95–104. (In Russ.) <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2022-2-95-104>

Polukeev, S. M., Shpilman, A. V., Kuzmin, J. A., Korkunov, V. V., Novikov, M. V., & Kuzmenkov, S. G. (2013). Stabilization of oil production in Ugra by means of hard to recover reserves – myth or reality? *Nedropolzovaniye XXI vek*, 5, pp. 12–19. (In Russ.)

Yakutseni V.P., Petrova Yu.E., Sukhanov A.A. (2007). Abundance dynamics of unconventional oil reserves in total balance. *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, 2. (In Russ.) <https://www.ngtp.ru/rub/2007/023.html>

Zabozlaev A.G., Filatov S.A., Novikov M.V., Shpilman A.V., Stulov P.A., Kuzmenkov S.G. (2016). Modern challenges Ugra fuel and energy complex and their solutions. *Nedropolzovanie XXI vek*, 5, pp. 24–31. (In Russ.)

About the Authors

Elena E. Oksenoyd – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Head of the Geology Department, V.I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil

P.O. Box 286, 75, Malygina St., Tyumen, 625026, Russian Federation

Valery I. Isaev – Dr. Sci. (Geology and Mineralogy), Professor, Department of Geology, School of Earth Sciences & Engineering, National Research Tomsk Polytechnic University

30, Lenin Ave., Tomsk, 634050, Russian Federation

Stanislav G. Kuzmenkov – Dr. Sci. (Geology and Mineralogy), Professor, Institute of Oil and Gas Geology, Yugra State University

16, Chekhov St., Khanty-Mansiysk, 628012, Russian Federation

Maksim V. Novikov – Deputy Director, Department of Subsurface Management & Natural Resources of Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra

2, Studencheskaya St., Khanty-Mansiysk, 628007, Russian Federation

Timofey N. Pecherin – Cand. Sci. (Engineering), Senior Researcher, Laboratory of modelling and analysis of oil field development, V.I. Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil

P.O. Box 286, 75, Malygina St., Tyumen, 625026, Russian Federation

Manuscript received 31 January 2023;

Accepted 24 February 2023; Published 30 March 2023