

Типы разрезов и перспективы нефтеносности баженовской свиты в Надым-Обском междуречье

М.А. Фомин^{1,2*}, Р.М. Саитов¹

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

В статье представлены результаты изучения геологического строения баженовской свиты в Надым-Обском междуречье Западной Сибири с целью прогноза нефтеносности этой черносланцевой толщи. В результате интерпретации широкого комплекса ГИС, представленного электрическим, радиоактивным и акустическим каротажем, с последующей увязкой этих результатов с палеонтологическими определениями микро- и макрофауны уточнено распространение салымского, нижневартовского и таркосалинского типов разрезов баженовской свиты, выделены переходные области между ними. Установлено, что таркосалинский тип распространен шире в западном направлении, чем было показано ранее и выделяется также на Вэнгайхинской, Ярайнерской и других площадях. Нижневартовский тип, наоборот, имеет более узкое распространение и выделяется непосредственно в пределах одноименного свода и в южной части Варьганско-Тагринского мегавыступа.

На основе геологических, геохимических, геофизических критериев и результатов испытания на приток в глубоких скважинах составлена карта перспектив нефтеносности «классических» разрезов баженовской свиты. Выявлены региональные предпосылки (высокий катагенез органического вещества, значительные современные концентрации органического углерода и др.) для обнаружения в южных районах Ямало-Ненецкого автономного округа промышленных скоплений нефти в баженовской свите. Проанализированы результаты испытания на приток этих отложений в 70–90-е гг. XX века; рекомендовано повторное, поинтервальное испытание этой толщи с использованием современных методов интенсификации притока. Обоснована необходимость лабораторного литологического, петрофизического, геохимического изучения керна баженовской свиты в южной части Ямало-Ненецкого автономного округа с целью определения ее литологического состава, выделения нефтематеринских и нефтепродуктивных интервалов, изучения структуры коллектора и характера насыщения его пустотного пространства, разработки рекомендаций к подсчету запасов нефти и созданию технологии ее рентабельной добычи.

Ключевые слова: баженовская свита, Западная Сибирь, типы разрезов, нефтеносность

Для цитирования: Фомин М.А., Саитов Р.М. (2020). Типы разрезов и перспективы нефтеносности баженовской свиты в Надым-Обском междуречье. *Георесурсы*, 22(3), с. 2–11. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.3.2-11>

Введение

Черносланцевые отложения являются основными нефтематеринскими толщами во всем мире. Они распространены в Западно-Сибирской, Волго-Уральской, Тимано-Печорской, Северо-Кавказской нефтегазоносных провинциях России, бассейнах Северной Америки (Уиллистон, Аппалачский, Пермский и др.), Колумбии (Среднемагдаленский), Карибского и Ближневосточного регионов, Северного моря и др. Главная особенность этих толщ состоит в том, что они содержат породы, которые являются как нефтематеринскими, так и резервуарами нефти. Ресурсы углеводородов в этих толщах относятся к трудноизвлекаемым.

Опыт изучения и успех освоения скоплений углеводородов, приуроченных к нетрадиционным плотным коллекторам и сланцевым комплексам США, обеспечил серьезный стимул к изучению подобных объектов по всему миру, в том числе и в России. В настоящее время сланцевые формации США, среди которых наиболее крупными нефтяными являются Bakken, Eagle Ford,

газовыми – Marcellus, Haynesville, Fayetteville, Barnett (Прищепа и др., 2014), играют важнейшую роль в нефтегазовой отрасли этой страны. Огромные перспективы связывают с керогенсодержащей формацией Green River (Soeder et al., 2019).

В Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции с каждым годом все сложнее поддерживать уровень добычи нефти из традиционных гранулярных коллекторов. Гигантские и крупные месторождения уже открыты, а разведанные запасы в значительной степени освоены. Возникает необходимость вовлекать в промышленную разработку новые, пока еще недостаточно изученные объекты, среди которых самым сложным, пожалуй, является баженовская свита. Еще в 1961 году выдающийся советский геолог Ф.Г. Гурари предсказал ее возможную промышленную нефтеносность, которая была подтверждена в 1967 году фонтаном нефти на Салымском месторождении. В последние годы появились новые, существенно более точные данные о геологическом строении, стратиграфии и палеонтологии, палеогеографии (Конторович и др., 2013; Ступакова и др., 2016; Стафеев и др., 2017; Рыжкова и др., 2018; Конторович и др., 2019а) баженовской свиты и ее возрастных аналогов в Западно-Сибирском осадочном бассейне. На основе интерпретации широкого комплекса ГИС, результаты которого были увязаны с

* Ответственный автор: Михаил Александрович Фомин
E-mail: fominma@ipgg.sbras.ru

© 2020 Коллектив авторов

палеонтологическими определениями возраста микро- и макрофоссилий, авторами предложены значительные уточнения границ распространения типов разрезов баженовской свиты в Надым-Обском междуречье.

На самых первых схемах и картах основные перспективы нефтеносности баженовской свиты прогнозировались в Салымской зоне нефтегазонакопления. В последние годы эти прогнозы были неоднократно детализированы и дополнены (Зубков, 2016; Колпаков и др., 2016; Баранова, 2018; Скворцов и др., 2018а, б; Конторович и др., 2019б). Однако и сегодня основные перспективы нефтеносности баженовской свиты связываются с западными (Красноленинская зона нефтегазонакопления) и центральными (Салымская группа месторождений) районами Ханты-Мансийского автономного округа (ХМАО). Восточнее открыты промышленные скопления нефти в том числе и в аномальных, опесчаненных, разрезах баженовской свиты, которые имеют отличный от «классических глинистых» разрезов генезис и таким образом являются самостоятельным объектом для изучения. В рамках настоящего исследования они не рассматриваются.

На территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) аналитических исследований керна баженовской свиты по современным методикам (Конторович и др., 2018а, б) выполнено существенно меньше, на приток эта толща испытана в единичных скважинах. Тем не менее, на юге этого региона на Пякутинском, Малопякутинском, Вынгайхинском и севернее на Известинском и Пальниковском месторождениях открыты небольшие по запасам залежи нефти в баженовской свите, что позволяет предполагать более высокие перспективы ее нефтеносности в этом регионе. Авторами на основе интерпретации геологических и геофизических материалов с привлечением данных по геохимии органического вещества проанализированы региональные перспективы нефтеносности баженовской свиты в Надым-Обском междуречье и предложены рекомендации к ее дальнейшему изучению.

Фактический материал и методика исследований

Исследование опирается на собранные, систематизированные и интерпретированные авторами данные и результаты:

1. Диаграммы электрического каротажа (кажущееся удельное сопротивление (КС – зонд Gz3), индукционный (ИК), боковой каротаж (БК), микрокаротаж (МГЗ – микроградиент зонд, МПЗ – микропотенциал зонд, МБК – микробоковой каротаж), потенциал самопроизвольной поляризации (ПС)), кавернометрии (КВ), акустического каротажа (АК), радиоактивного каротажа (гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК), нейтронный каротаж по тепловым нейтронам: большой (НКТБ) и малый (НКТМ) зонды, гамма-гамма плотностной каротаж (ГГК), по 546 глубоким скважинам (рис. 1);

2. 124 определения возраста микро- и макрофоссилий позднеюрско-раннемелового возраста по 57 скважинам (рис. 1) из банка данных Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (ИНГГ СО РАН) (определения А.С. Алифирова, Ю.А. Богомоллова, О.С. Дзюбы, В.А. Захарова, Л.К. Левчук, С.В. Мелединой, Б.Л.

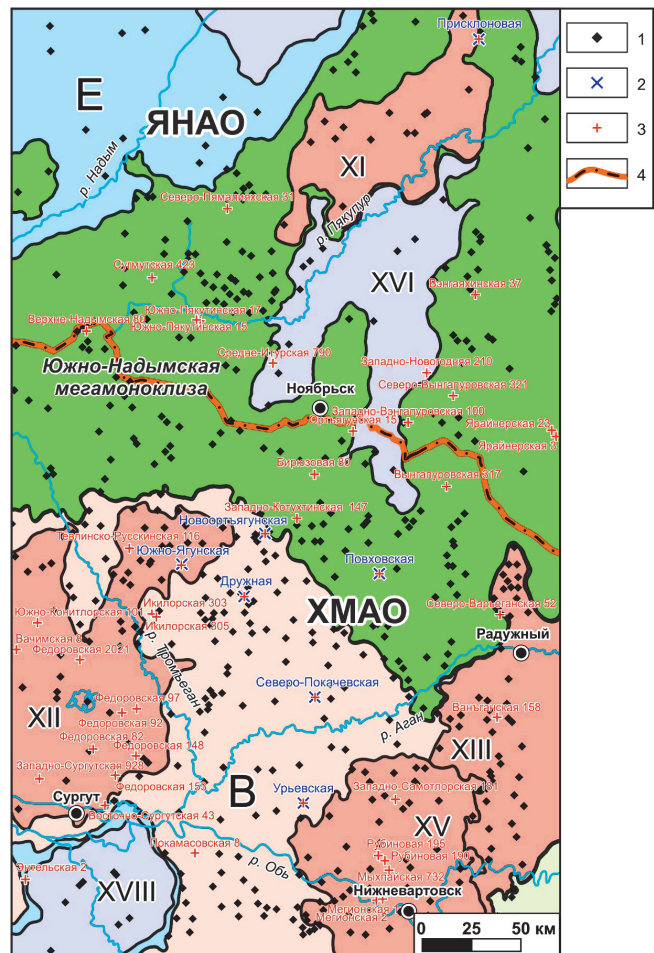


Рис. 1. Фрагмент карты тектонического районирования Надым-Обского междуречья (Конторович и др., 2001). 1 – скважины, в которых авторами был проинтерпретирован комплекс ГИС; 2 – скважины с результатами аналитических исследований керна; 3 – скважины с определениями микро- и макрофауны; 4 – административные границы. Тектонические элементы: В – Хантейская гемиянтеклиза, Е – Надымская гемисинелиза, XI – Северный свод, XII – Сургутский свод, XIII – Варьганско-Тагринский мегавыступ, XV – Нижневартровский свод, XVI – Пякупурско-Амунтинский наклонный мегарогиб, XVIII – Юганская мегавпадина.

Никитенко, Б.Н. Шурыгина, О.С. Урман, О.В. Язиковой) и из опубликованных материалов, в том числе:

- волжские аммониты в скв. Западно-Самотлорская 181, Северо-Варьганская 52, Ярайнерская 3, Вэнгайхинская 37 и 355, Западно-Вынгапуровская 100;
- двустворки средне-поздневолжские, раннеберриасские в скв. Зап. Самотлорская 181, Покамасовская 8, Ортъягунская 15, Северо-Вынгапуровская 321, Западно-Вынгапуровская 100, Вэнгайхинская 37 и 355, Сугмутская 423.
- комплексы фораминифер верхов средней волги – основания бореального берриаса в скв. Вынгапуровская 317.

3. Результаты испытаний разрезов баженовской свиты на приток в 19 скважинах.

В 2014–2016 годах в ИНГГ СО РАН проводилось комплексное изучение баженовской свиты. В рамках этих работ был изучен керн глубоких скважин Повховской, Дружной, Южно-Ягунской, Новортыгунской, Северо-Покачевской и Урьевской площадей (рис. 1). В результате аналитических исследований образцов керна были точно установлены границы баженовской и георгиевской свиты

(рис. 2). Эти скважины были выбраны в качестве эталонных для последующей корреляции разрезов баженовской свиты.

В скважинах, в которых эти отложения не изучены аналитическими методами, было выполнено стратиграфическое расчленение разрезов верхней юры и низов мела по материалам ГИС, сделана увязка с определениями микро- и макрофауны. После этого в каждой скважине было рассчитано среднее арифметическое значение удельного электрического сопротивления, естественной радиоактивности и плотности (на основе анализа зависимости от радиоактивности с последующей увязкой по скважинным данным) баженовских пород, и построены карты распределения этих параметров, представленные ниже.

Типы разрезов баженовской свиты

Систематизация накопленного за последние годы аналитического материала по литологии баженовской свиты и геохимии содержащегося в ней органического вещества позволила разным научным коллективам независимо друг от друга разработать классификации ее пород на основе процентного содержания в них главных породообразующих компонент (Конторович и др., 2016; Калмыков и др., 2017; Макарова и др., 2017; Немова, 2019). В центральной и западной частях изучаемой территории выделяется салымский тип разреза (рис. 3) (Брадучан и др., 1986).

На севере Хантейской гемиантеклизы (рис. 1) в его нижней части преобладают темно-бурые массивные силициты и силициты керогеновые с прослоями радиоляритов (Эдер и др., 2016). В северном направлении наблюдается постепенное уменьшение, вплоть до исчезновения, мощности силицитовой пачки (Эдер и др., 2017). На Повховской площади в нижней части свиты выделяется пачка радиоляритов (Эдер и др., 2016). Средняя часть разреза состоит из темно-серых микститов кероген-кремнистых с прослоями силицитов-радиоляритов с частыми прослоями реликтов раковин двустворок. Верхняя часть свиты представлена переслаиванием микститов кероген-глинистых и кероген-кремнисто-карбонатных с реликтами кокколитофорид (Эдер и др., 2016). В этой же части разреза выделяется кокколитовая пачка, для которой характерны высокие значения на кривых БК и КС, ГК. Эта пачка выделяется также и севернее, на Присклоновой площади (Эдер и др., 2017, 2019), в таркосалинском типе разреза баженовской свиты. На севере Нижневартовского свода одноименный тип разреза баженовской свиты представлен глинисто-кремнистыми породами, кокколитовая пачка в верхней части разреза не выделяется (Эдер и др., 2015).

Наибольшие толщины баженовской свиты в разрезах салымского типа наблюдаются в осевой части Хантейской гемиантеклизы и достигают 30–32 м (рис. 3). Они уменьшаются до 10–12 м в наиболее приподнятой

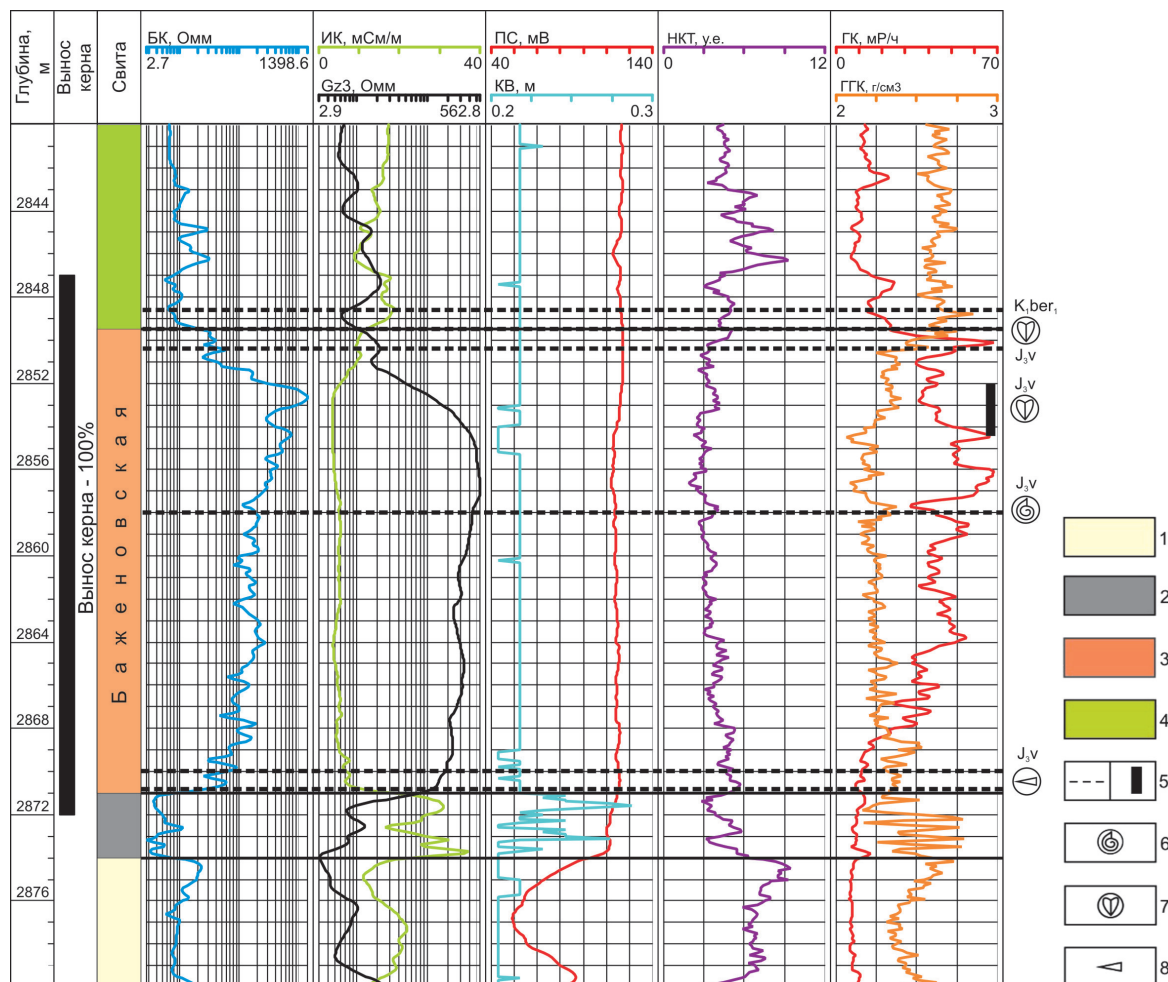


Рис. 2. Геолого-геофизический планшет по одной из скважин Дружной площади. 1 – васюганская свита; 2 – георгиевская свита; 3 – баженовская свита; 4 – сортымская свита; 5 – уровни с палеонтологическими находками; 6 – аммониты; 7 – двустворки; 8 – белемниты.

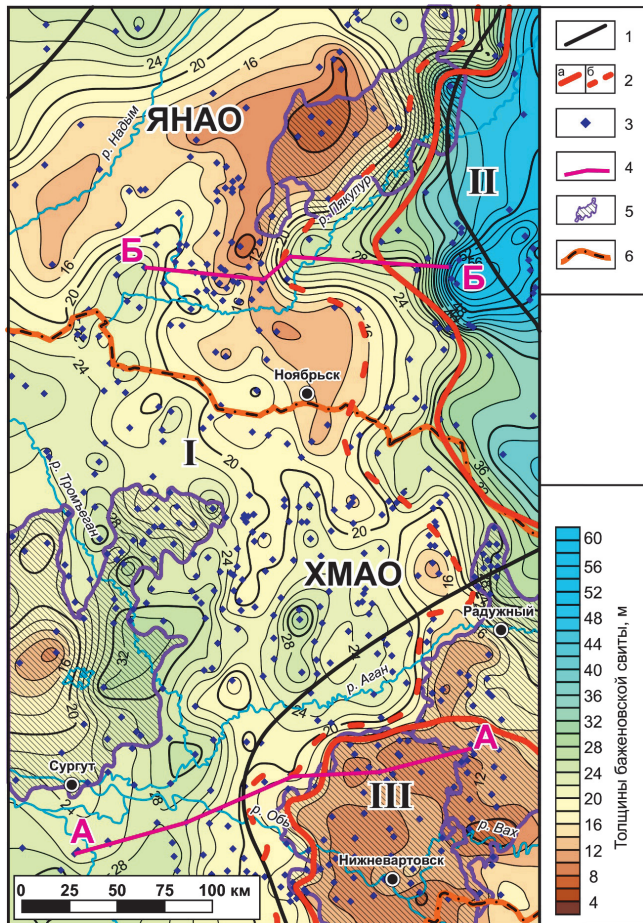


Рис. 3. Карта толщин баженовской свиты. 1 – границы между типами разрезов по (Брадучан и др., 1986): I – Салымский, II – Таркосалинский, III – Нижневартровский; 2 – авторские а) границы распространения типов разрезов баженовской свиты; б) границы зон переходов между ними; 3 – скважины с разбивками авторов, используемые для картопостроения; 4 – линии корреляционных профилей; 5 – границы положительных тектонических элементов I порядка; 6 – административные границы.

части Сургутского свода. Еще одна зона низких толщин выделяется в районе Северного свода, а также к югу и к западу от него. На севере изучаемого региона в восточном направлении происходит увеличение в разрезе доли терригенных осадков, что сопровождается постепенным ростом мощности баженовской свиты – салымский тип разреза переходит в таркосалинский, толщины которого на изучаемой территории превышают 55 м (рис. 3). На юго-востоке региона салымский тип разреза сменяется нижевартовским, что сопровождается сокращением мощности баженовской свиты на одноименном своде до 12–14 м и меньше и, скорее всего, связано с его воздыманием в волжском веке. Толщины баженовской свиты использовались авторами в качестве одного из основных критериев для уточнения границ распространения разрезов разных типов и выделения переходных областей между ними.

Радиоактивность черносланцевых пород находится в тесной связи с содержанием в них органического вещества (ОВ) (Неручев, 1976, 1982 и др.), которое является сорбентом урана из морской воды. Соответственно, чем выше в толще концентрация ОВ, тем выше будет радиоактивность

таких отложений. Эта взаимосвязь прослеживается и в полученных авторами результатах. Наибольшие значения средней радиоактивности баженовской свиты фиксируются в пределах Хантейской гемиянтеклизы (рис. 4А), где зафиксировано высокое современное содержание в ней органического углерода ($C_{орг}$) (Конторович и др., 2018в). Области повышенной радиоактивности наблюдаются в седловине между Сургутским и Нижневартовскими сводами, а также к северу от последнего; значения достигают 60–70 мкР/час (рис. 4А). В пределах Южно-Надымской мегамоноклизы радиоактивность пород существенно меньше, она изменяется в среднем от 10 до 20, на отдельных площадях до 25 мкР/час.

Для баженовской свиты салымского типа повышенная радиоактивность характерна для средней и верхней частей разреза и составляет 50–60 мкР/час, достигая в отдельных скважинах 75–80 мкР/час; в приподошвенной части свиты ее значения уменьшаются. В нижевартовском типе высокая радиоактивность (до 80–90 мкР/час) отмечается по всему разрезу (рис. 5). Лишь в разрезах некоторых скважин Ватинской, Мыхпайской, Усть-Вахской площадей ее средние значения уменьшаются до 25–30 мкР/час. В таркосалинском типе разреза радиоактивность распределена так же, как и в салымском, но ее максимальные значения существенно ниже – чаще всего они изменяются в интервале 20–25 мкР/час (рис. 6). Такое уменьшение радиоактивности, по-видимому, связано с увеличением в разрезе доли терригенных осадков.

Основным фактором, влияющим на современную плотность баженовской свиты, является содержание в ней ОВ (Конторович и др., 2019а), которое, в свою очередь тесно связано с радиоактивностью пород. Наименьшая плотность пород наблюдается в южной части изучаемой территории (рис. 4Б), в зоне высоких средних концентраций органического углерода (Конторович и др., 2018в). На север, с уменьшением содержания $C_{орг}$, плотность баженовской свиты возрастает.

В тесной связи с радиоактивностью находится и электрическое сопротивление горных пород. Авторами проанализировано распределение по разрезу удельного электрического сопротивления (зонды Gz3 и БК) баженовской свиты. Выделяется две области повышенных средних значений электрического сопротивления. Первая расположена к северу от Сургутского свода (рис. 4В, Г). Максимальные значения и кажущегося удельного и истинного электрического сопротивления достигают здесь 600–700 Ом*м. Вторая зона повышенных средних сопротивлений находится между Сургутским и Нижневартовским сводами и наиболее четко выделяется по значениям кажущегося удельного электрического сопротивления, которые достигают здесь 500 Ом*м (рис. 4Г).

На кривой кажущегося удельного электрического сопротивления (КС) салымский тип разреза в южной и центральной частях региона характеризуется двучленным строением, максимальные значения достигают 500 Ом*м (рис. 5). В юго-восточном направлении сопротивление верхней части разреза постепенно падает до 30 Ом*м, а нижней – до 200 Ом*м – это является еще одним критерием для уточнения границы между салымским и нижевартовским типами разрезов. В северной части региона кривая КС салымского типа также имеет двучленное строение,

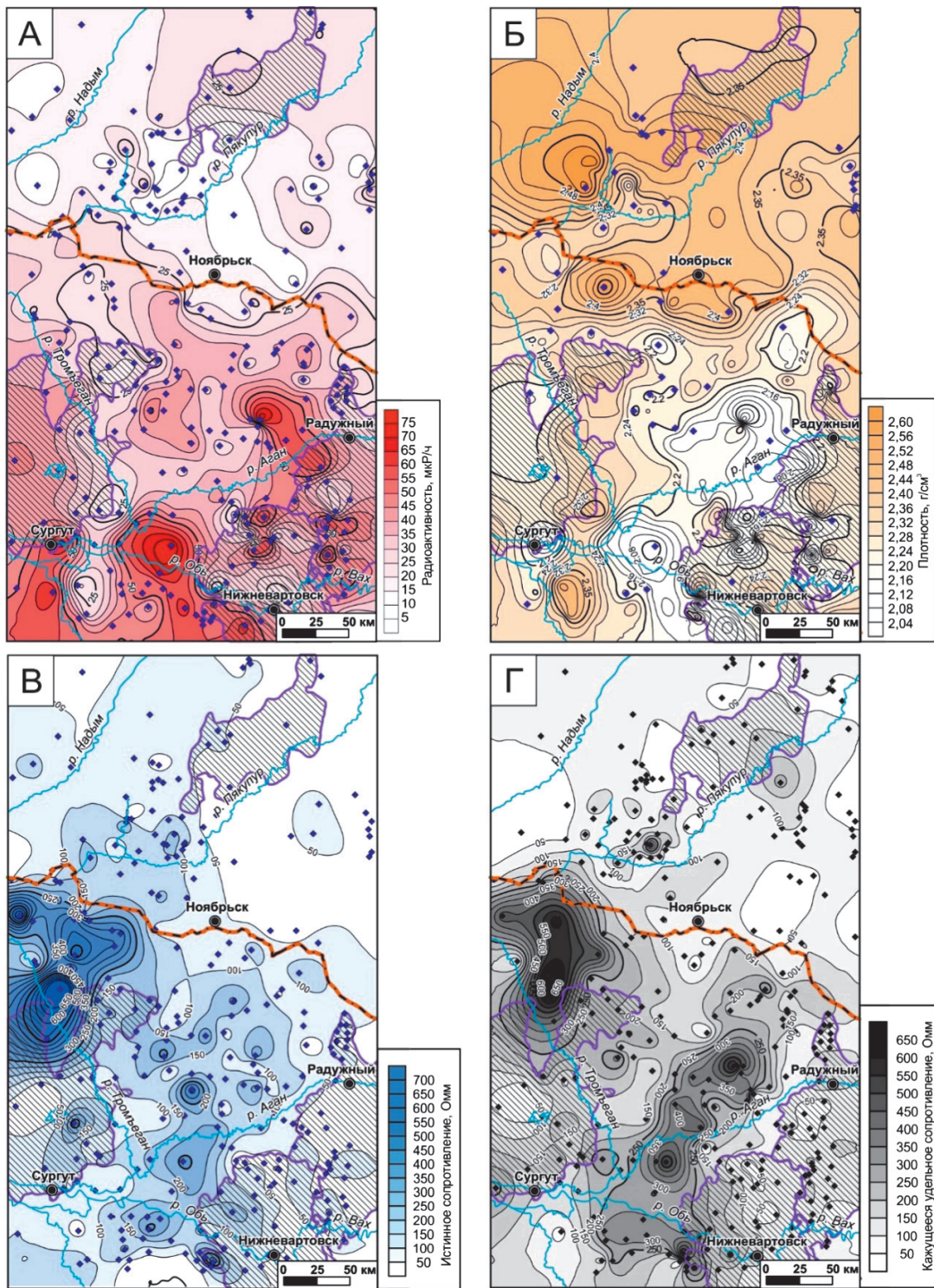


Рис. 4. Карты средних значений: А – радиоактивности, Б – плотности, В – истинного электрического сопротивления, Г – кажущегося удельного электрического сопротивления баженовской свиты. Условные обозначения см. на рис. 3.

максимальные значения на западе достигают 1000 Ом*м, постепенно уменьшаясь на восток. На Вынгапуровской, Западно- и Южно-Вынгапуровской площадях на этой кривой появляется третий пик, характерный для таркосалинского типа; такие разрезы являются переходными. Восточнее выделяется собственно таркосалинский тип разреза, для которого характерно трехчленное строение кривой кажущегося удельного электрического сопротивления, максимальные значения до 200–250 Ом*м в верхней части разреза. В средней части разреза они изменяются от 60 Ом*м на Ярайнерской площади до

200 Ом*м на Вынгапуровской и Вэнгяхинской (рис. 6) площадях.

Таким образом, установлено, что таркосалинский тип распространен шире в западном направлении, чем было показано ранее (Брадучан и др., 1986) и выделяется также на Вэнгяхинской, Ярайнерской и других площадях. Нижневартовский тип, по мнению авторов, наоборот, имеет более узкое распространение и выделяется непосредственно в пределах одноименного свода и в южной части Варьеганско-Тагринского мегавыступа, сменяясь на юг и восток вахским типом разреза (Брадучан и др., 1986).

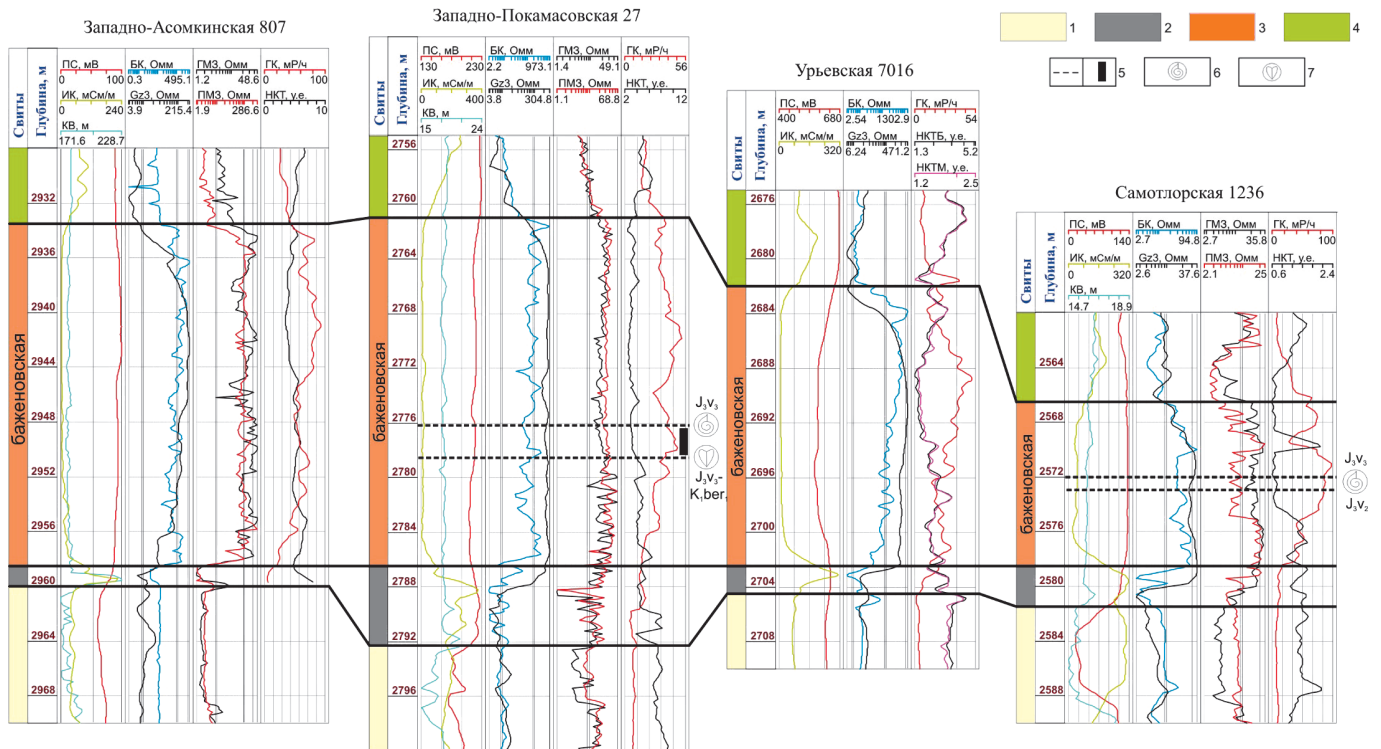


Рис. 5. Корреляционный профиль по линии А-А. 1 – васюганская свита; 2 – георгиевская свита; 3 – баженовская свита; 4 – сортымская свита; 5 – уровни с палеонтологическими находками; 6 – аммониты; 7 – двусторвки; 8 – аммониты.

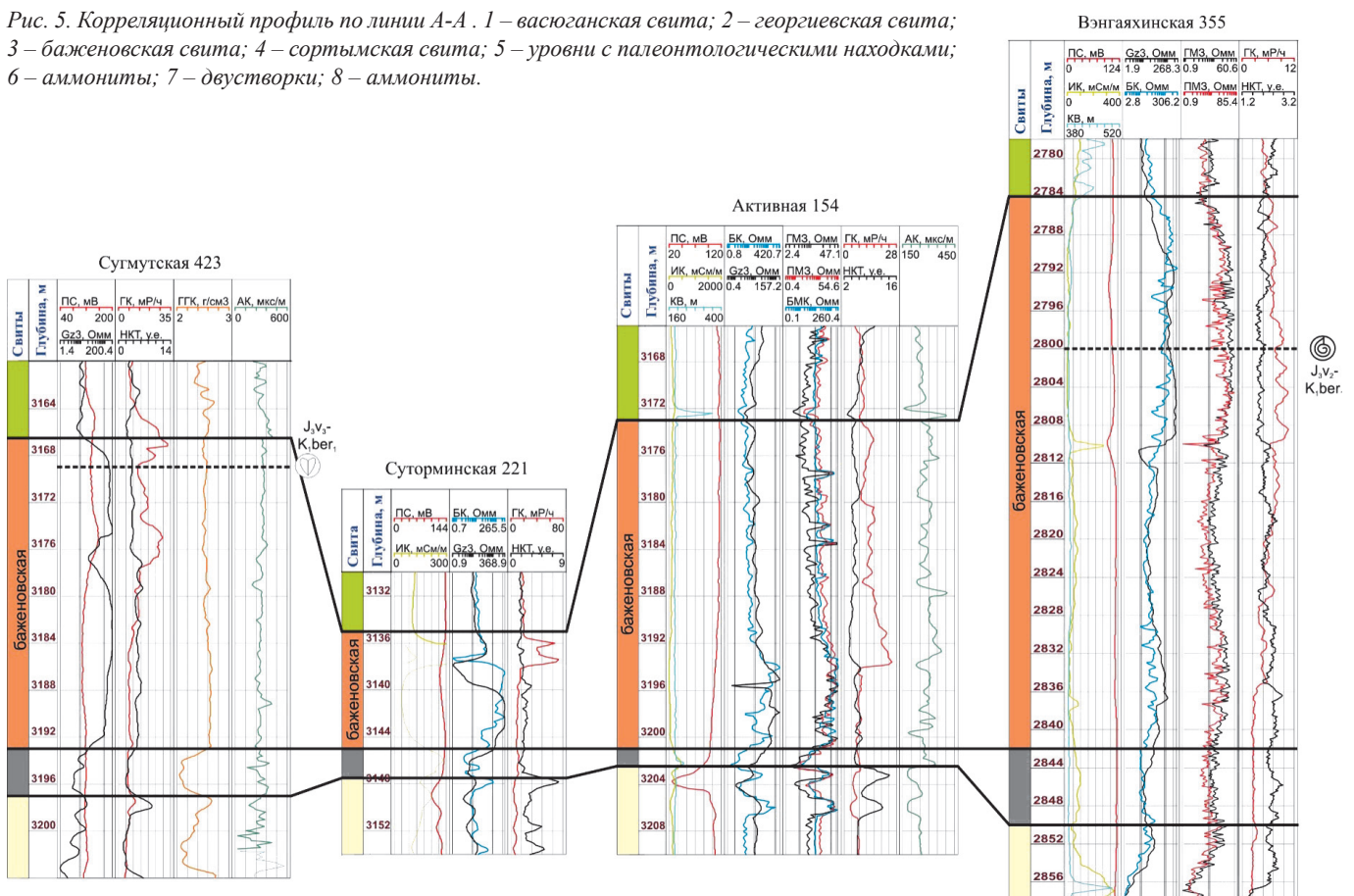


Рис. 6. Корреляционный профиль по линии Б-Б. Условные обозначения см. на рис. 5.

Перспективы нефтеносности баженовской свиты

В баженовской свите установлено два типа коллектора: пустоты (каверны) в матрице породы и горизонтальная трещиноватость (сланцеватость), заложенная в седиментогенезе. Оба этих типа коллекторов формируются при

катагенезе за счет псевдофазовых превращений керогена (Конторович и др., 2018а). Таким образом, концентрация органического вещества и его катагенез – важнейшие критерии при оценке нефтеносности баженовской свиты. Комплексная интерпретация геофизических, геологических материалов и данных по геохимии ОБ

позволила авторам выполнить прогноз нефтеносности этих отложений (рис. 7). В качестве перспективных и высокоперспективных рассматриваются только те земли, в пределах которых органическое вещество баженовской свиты находится в главной фазе нефтеобразования. На склоне Хантейской гемиантеклизы она началась около 45 млн лет назад (Конторович и др., 2019б), а на Сургутском и Нижневартовском сводах (рис. 1) – позднее. На этих крупных положительных структурах сокращены мощности баженовской свиты (рис. 3), а также отмечается низкий катагенез ОВ (Конторович и др., 2009). На Нижневартовском своде зафиксированы невысокие современные концентрации органического углерода в баженовской свите (Конторович и др., 2018в). Все это связано, по-видимому, с ростом этих структур в волжском веке.

На западе и юго-западе изучаемого региона толщины баженовской свиты с концентрацией $C_{орг}$ 7–10 % достигают 10 м и более (Конторович и др., 2018в). В этих зонах высокий катагенез органического вещества. На Сорымско-Иминской, Вать-Ёганской, Южно-Ягунской, Западно-Имилорской, Западно-Асомкинской и Согорской площадях получены притоки из «классических» разрезов баженовской свиты. Все это позволяет высоко оценивать здесь перспективы ее нефтеносности (рис. 7).

В качестве дополнительных критериев для прогноза также использовались:

- современные температуры в кровле юрского комплекса (Зубков, 2016; Скворцов и др., 2018б),

- толщины выше- и нижележащих флюидоупоров, посчитанные авторами на основе результатов расчленения разрезов верхней юры и нижнего мела по комплексу ГИС,

- средние значения естественной радиоактивности и плотности баженовской свиты (рис. 4А, Б), качественно характеризующие современное содержание в породах керогена,

- средние значения удельного электрического сопротивления (рис. 4В, Г), указывающие на нефтенасыщенность разреза.

Результаты изучения литологии баженовской свиты (Эдер и др., 2016; Немова, 2019 и др.) показывают, что прослой, возможно обладающие хорошими коллекторскими свойствами, распределены по всему ее разрезу. На Сорымско-Иминской и Южно-Ягунской площадях притоки нефти дебитом от 1 до 4.5 м³/сут получены из средней и верхней частей разреза, представленных различными по составу микститами и «кокколитовой пачкой». На остальных площадях в южной, «ханты-мансийской», половине изучаемого региона испытывался весь разрез свиты целиком, приток достигает 6 м³/сут.

В ЯНАО на Известинском, Вэнгяхинском, Еты-Пуровском месторождениях испытывалась на приток, в основном, верхняя часть разреза баженовской свиты, которая здесь сложена микститами с различным преобладанием основных породообразующих компонент. На Еты-Пуровской площади во всех скважинах притока нефти не было получено, на Вэнгяхинской он изменяется в

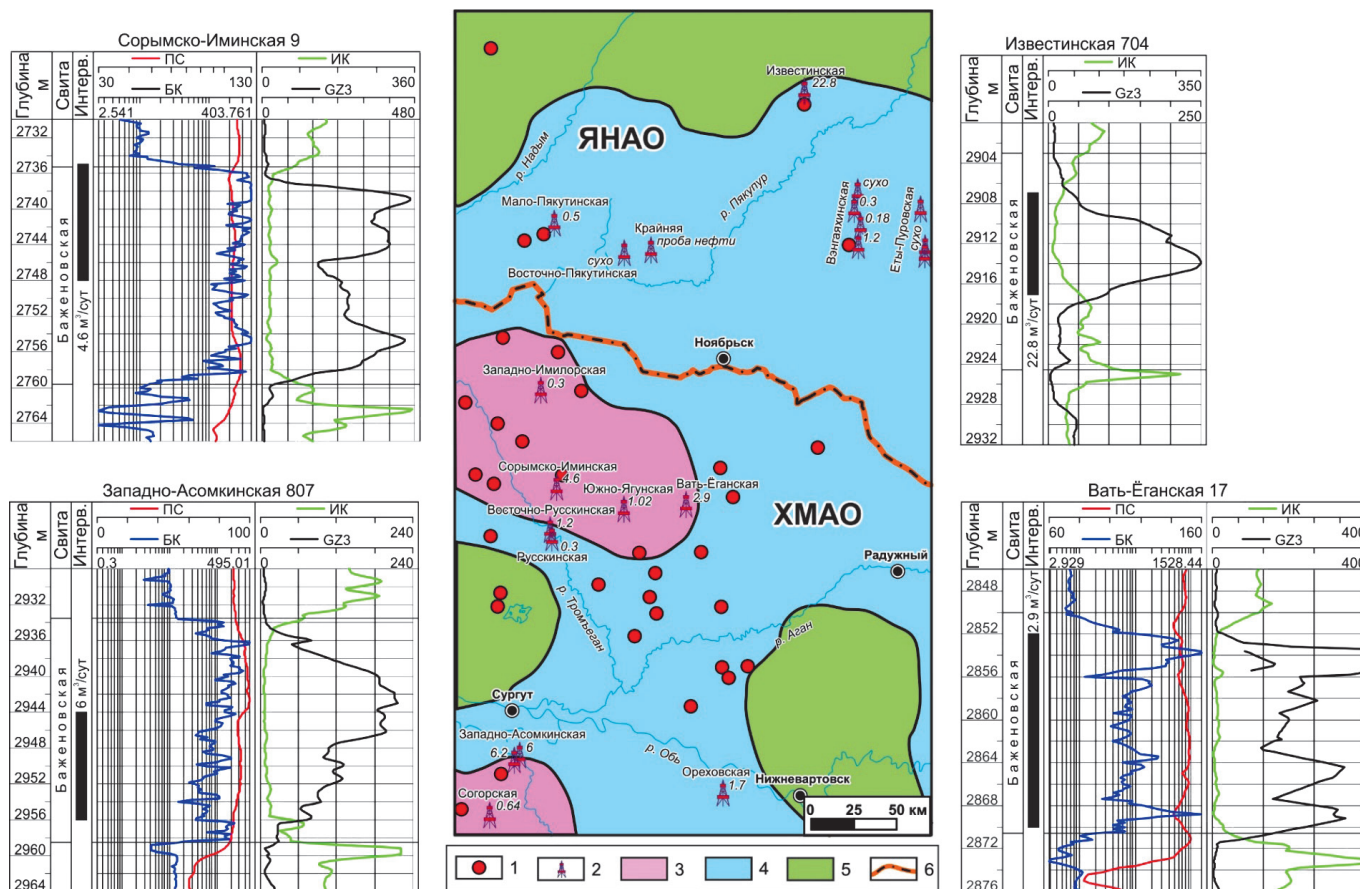


Рис. 7. Карта перспектив нефтеносности баженовской свиты и планиетты с интервалами испытания этих отложений на приток. 1 – месторождения с залежами нефти в баженовской свите; 2 – скважины с испытаниями баженовской свиты на приток; 3 – высокоперспективные территории; 4 – перспективные территории; 5 – малоперспективные территории; 6 – административные границы.

интервале 0–1.2 м³/сут, на Крайней и Мало-Пякутинской площадях не превышает 1 м³/сут. Наибольший приток нефти получен в скважине Известинская 704 (22.8 м³/сут на 6 мм штуцере), залежь баженовской нефти на этом месторождении стоит на государственном балансе. По-видимому, такая большая величина притока обусловлена значительной трещиноватостью свиты на этой площади. Важно отметить, что испытания на этих площадях проводили с 1974 по 1991 годы. Возбуждение пласта производилось сменой глинистого раствора на воду и уменьшением гидростатического давления. По-видимому, именно применением такого неэффективного по сегодняшним меркам способа испытания баженовской свиты объясняются столь незначительные притоки в большинстве скважин.

В этом регионе, помимо Известинского, небольшие по запасам залежи нефти открыты на Пякутинском, Малопякутинском, Вэнгайхинском, Пальниковском месторождениях. На этих площадях толщины баженовской свиты с содержанием $C_{\text{орг}}$ 7–10 % достигают 4–5 м (Конторович и др., 2018в). Она находится в главной зоне нефтеобразования, надежно изолирована ниже- и выше-лежащим флюидоупорами, современные температуры в ее кровле превышают 90 °С. Все это позволяет предполагать здесь наличие промышленных скоплений нефти в баженовской свите. На указанных и соседних площадях на юге ЯНАО необходимо провести повторное, поинтервальное испытание этих отложений на приток с помощью современных технологий и методов интенсификации притока (гидроразрыв пласта, каталитическое воздействие на пласт и др.). Необходимо пробурить скважины с полным отбором керна баженовской свиты, а также перекрывающих и подстилающих отложений, и провести его изучение по современным методикам (Конторович и др., 2018а, б). Изучение этого сложного геологического объекта аналитическими методами позволит:

- определить литологический состав баженовской свиты,
- достоверно выделить в ней нефтематеринские и нефтепродуктивные интервалы,
- изучить структуру баженовского коллектора и характера насыщения его пустотного пространства,
- подобрать оптимальный комплекс ГИС, с помощью которого можно будет рассчитывать литологический состав и геохимические параметры баженовской свиты в скважинах, не охарактеризованных кернавым материалом,
- разработать рекомендации к подсчету запасов в баженовской свите,
- разработать рекомендации к созданию технологий добычи нефти из баженовской свиты.

Выводы

На основе интерпретации широкого комплекса ГИС авторами существенно уточнены границы распространения различных типов разрезов баженовской свиты в Надым-Обском междуречье. Установлено, что таркосалинский тип распространен шире, чем было показано ранее и выделяется также на Вэнгайхинской, Ярайнерской и других площадях. Нижневартовский тип, наоборот, имеет более узкое распространение и выделяется непосредственно в пределах одноименного свода, сменяясь на юг и восток вахским типом разреза.

Комплексный анализ полученных авторами новых геологических, геофизических и опубликованных геохимических материалов показал, что в южной части ЯНАО в междуречье Надыма и Харампура возможно обнаружение промышленных скоплений нефти в баженовской свите. На Пякутинском, Малопякутинском, Вэнгайхинском, Еты-Пуровском, Известинском, Пальниковском, Крайнем месторождениях необходимо провести повторное испытание этих отложений на приток с помощью современных технологий и методов интенсификации притока. На этих и соседних площадях необходимо пробурить новые поисковые и разведочные скважины с полным отбором керна баженовской свиты и провести его изучение по современным методикам с целью детального изучения структуры баженовского коллектора и характера насыщения его пустотного пространства.

Финансирование/Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке Проекта 0266-2019-0006 «Разработка методик оценки ресурсов, разведки и подсчета запасов залежей трудно-извлекаемой нефти в углеродистых карбонатно-глинисто-кремнистых, карбонатных и засоленных песчаных коллекторах» Программы ФНИ IX.131.

Авторы выражают благодарность рецензенту за подробный разбор рукописи статьи и ценные замечания.

Литература

- Баранова С.С. (2018). Выделение перспективных зон баженовской свиты на территории ЯНАО. *Горные ведомости*, 1, с. 86–96.
- Брадучан Ю.В., Гулари Ф.Г., Захаров В.А. (1986). Баженовский горизонт Западной Сибири (стратиграфия, палеогеография, экосистема, нефтеносность). Новосибирск: Наука, 216 с.
- Зубков М.Ю. (2016). Региональный и локальный прогнозы нефтеносности баженовской и абалакской свит (Западная Сибирь). *Горные ведомости*, 3–4, с. 46–68.
- Калмыков Г.А., Балушкина Н.С. (2017). Модель нефтенасыщенности порового пространства пород баженовской свиты Западной Сибири и ее использование для оценки ресурсного потенциала. М: ГЕОС, 246 с.
- Колпаков В.А., Спиридонов Д.А., Шайхутдинова Г.Х., Сатгалеев Я.Х., Койнова Н.А., Галиев Т.Р. (2016). Нефтеносность и геологическое строение нормального и аномального разрезов баженовской свиты когалымского региона. *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*, 11, с. 5–17.
- Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Лившиц В.Р., Рыжкова С.В. (2019б). Направления развития нефтяного комплекса России в первой половине XXI века. *Вестник РАН*, 89(11), с. 1095–1104.
- Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Никитенко Б.Л., Рыжкова С.В., Борисов Е.В., Ершов С.В., Костырева Е.А., Конторович В.А., Нехаев А.Ю., Пономарева Е.В., Фомин М.А., Ян П.А. (2019а). Маргинальный фильтр волжско-раннеберийского морского бассейна и его влияние на распределение осадков. *Литология и полезные ископаемые*, 3, с. 199–210. <https://doi.org/10.1134/S0024490219030039>
- Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В., Шурыгин Б.Н., Вакуленко Л.Г., Гайдебурова Е.А., Данилова В.П., Казанков 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2013.07.002>
- Конторович А.Э., Костырева Е.А., Родякин С.В., Сотнич И.С., Ян П.А. (2018б). Геохимия битумоидов баженовской свиты. *Геология нефти и газа*, 2, с. 79–88.
- Конторович А.Э., Пономарева Е.В., Бурштейн Л.М., Глинских В.Н., Ким Н.С., Костырева Е.А., Павлова М.А., Родченко А.П., Ян П.А. (2018в). Распределение органического вещества в породах баженовского горизонта (Западная Сибирь). *Геология и геофизика*, 59(3), с. 357–371. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2018.03.007>
- Конторович А.Э., Родякин С.В., Бурштейн Л.М., Костырева Е.А., Рыжкова С.В., Ян П.А. (2018а). Пористость и нефтенасыщенность пород баженовской свиты. *Геология нефти и газа*, 5, с. 61–73.

Конторович А.Э., Ян П.А., Замирайлова А.Г., Костырева Е.А., Эдер В.Г. (2016). Классификация пород баженовской свиты. *Геология и геофизика*, 57(11), с. 2034–2043. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2016.10.006>

Конторович В.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э., Красавчиков В.О., Конторович А.А., Супруненко О.И. (2001). Тектоническое строение и история тектонического развития Западно-Сибирской геосинеклизы в мезозое и кайнозое. *Геология и геофизика*, 42(11–12), с. 1832–1845.

Макарова О.М., Коробова Н.И., Калмыков А.Г., Калмыков Г.А., Балущкина Н.С., Белохин В.С., Козлова Е.В., Косоруков В.Л., Мануилова Е.А. (2017). Основные типы пород баженовской свиты на Сургутском своде и сопредельных территориях. *Георесурсы*, Спецвыпуск, с. 155–164. <http://doi.org/10.18599/grs.19.16>

Немова В.Д. (2019). Многоуровневая литологическая типизация пород баженовской свиты. *Нефтяное хозяйство*, 8, с. 13–17.

Неручев С.Г. (1976). Эпохи радиоактивности в истории Земли и развитие биосферы. *Геология и геофизика*, 5, с. 3–13.

Неручев С.Г. (1982). Взаимосвязь эпох накопления органического вещества и урана с рубежами развития органического мира. *Мат. VIII Межд. конгресса: Геохимия современных ископаемых осадков*, с. 5–15.

Прищепа О.М., Аверьянова О.Ю., Ильинский А.А., Морариу Д. (2014). Нефть и газ низкопроницаемых сланцевых толщ – резерв сырьевой базы углеводородов России. СПб: ФГУП ВНИГРИ, 323 с.

Рыжкова С.В., Бурштейн Л.М., Ершов С.В., Казаненков В.А., Конторович А.Э., Конторович В.А., Нехаев А.Ю., Никитенко Б.Л., Фомин М.А., Шурыгин Б.Н., Бейзель А.Л., Борисов Е.В., Золотова О.В., Калинина Л.М., Пономарева Е.В. (2018). Баженовский горизонт Западной Сибири: строение, корреляция и толщины. *Геология и геофизика*, 59(7), с. 1053–1074. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2018.07.009>

Скворцов М.Б., Кузнецов Г.В., Сурова Н.Д., Копилевич Е.А. (2018б). Новые данные о размещении нефтегазопродуктивных зон баженовских отложений Западной Сибири. *Геология нефти и газа*, 2, с. 89–96.

Скворцов М.Б., Немова В.Д., Панченко И.В., Кирсанов А.М. (2018а). Критерии нефтеносности отложений баженовской свиты. *Геология нефти и газа*, 1, с. 109–114.

Стафеев А.Н., Ступакова А.В., Сулова А.А., Гиляев Р.М. (2017). Обстановки осадконакопления и палеогеографическая зональность баженовского горизонта (титон-нижний берриас) Западной Сибири. *Георесурсы*, Спецвыпуск, с. 134–143. <http://doi.org/10.18599/grs.19.14>

Ступакова А.В., Стафеев А.Н., Сулова А.А., Гиляев Р.М. (2016). Палеогеографические условия в Западно-Сибирском бассейне в титон-раннем берриасе. *Вестник Московского университета. Серия 4. Геология*, 6, с. 10–19.

Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Жигульский И.А. (2016). Литология баженовской свиты в районах Хантейской гемиантеклизы и Межовского мегамыса Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. *Геология нефти и газа*, 6, с. 87–96.

Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Ян П.А. (2017). Закономерности распространения кремнистых пород и “кокколитовой” пачки баженовской свиты. *Геология и геофизика*, 58(3–4), с. 511–521. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2016.09.017>

Эдер В.Г., Костырева Е.А., Юрченко А.Ю., Балущкина Н.С., Сотнич И.С., Козлова Е.В., Замирайлова А.Г., Савченко Н.И. (2019). Новые данные о литологии, органической геохимии и условиях формирования баженовской свиты Западной Сибири. *Георесурсы*, 21(2), с. 129–142. <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.129-142>

Эдер В.Г., Замирайлова А.Г., Занин Ю.Н., Жигульский И.А. (2015). Особенности литологического состава основных типов разрезов баженовской свиты. *Геология нефти и газа*, 6, с. 96–106.

Soeder J. Daniel, Borglum J. Scyller (2019). The fossil fuel revolution. Shale gas and tight oil. Elsevier, 336 p.

Сведения об авторах

Михаил Александрович Фомин – канд. геол.-мин. наук, заведующий лабораторией проблем геологии, разведки и разработки месторождений трудноизвлекаемой нефти, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН; старший преподаватель, Новосибирский государственный университет

Россия, 630090, Новосибирск, проспект ак. Коптюга, 3
E-mail: FominMA@ipgg.sbras.ru

Рашид Маратович Саитов – младший научный сотрудник лаборатории проблем геологии, разведки и разработки месторождений трудноизвлекаемой нефти, Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН

Россия, 630090, Новосибирск, проспект ак. Коптюга, 3

Статья поступила в редакцию 08.04.2020;

Принята к публикации 16.06.2020; Опубликована 30.09.2020

IN ENGLISH

Types of sections and oil-bearing prospects of the Bazhenov formation in the Nadym-Ob interfluvium

M.A. Fomin^{1,2}, R.M. Saitov¹

¹Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

²Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

*Corresponding author: Mikhail A. Fomin, e-mail: fominma@ipgg.sbras.ru

Abstract. The article presents the results of studying the geological structure of the Bazhenov formation in the Nadym-Ob interfluvium of West Siberia with the aim of predicting the oil content of this black shale stratum. As a result of interpretation of a wide range of well logging represented by electric, radioactive and acoustic logging, with subsequent matching of these results with paleontological definitions of micro- and macrofauna, the distribution of the Salym, Nizhnevartovsk and Tarkosalinsky types of sections of the Bazhenov formation was clarified, transitional areas between them were identified. It has been established that the Tarkosalinsky type is more widespread in the western direction than was shown earlier and is also distinguished in the Vengayakhinskaya, Yarinerskaya and other areas. The Nizhnevartovsk type, on the contrary, has a narrower distribution and stands out directly within the same name arch and to the south by the Var'egan-Tagrinskii megauplift.

On the basis of geological, geochemical, geophysical criteria and the results of an inflow test in deep wells, a map of the oil potential prospects of the “classical” sections of the Bazhenov formation has been compiled. Regional prerequisites (high catagenesis of organic matter, significant modern concentrations of organic carbon, etc.) for the discovery of industrial accumulations of oil in the Bazhenov formation in the southern regions of the Yamalo-Nenets Autonomous District are identified. The results of the test for the inflow of the Bazhenov formation in this area in the 70–90s XX century were analyzed; repeated, interval testing of these deposits using modern methods of stimulation of the inflow is recommended. The necessity of laboratory lithological, petrophysical, geochemical study of the core of the Bazhenov formation in the southern part of the Yamalo-Nenets Autonomous District is substantiated with the aim of determining its lithological composition, identifying oil source

and oil productive intervals, studying the reservoir structure and the nature of saturation of its void space, developing recommendations for calculating oil reserves and creating technology for its cost-effective production.

Key words: Bazhenov formation, West Siberia, types of sections, oil content

Recommended citation: Fomin M.A., Saitov R.M. (2020). Types of sections and oil-bearing prospects of the Bazhenov formation in the Nadym-Ob interfluvium. *Georesursy = Georesources*, 22(3), pp. 2–11. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2020.3.2-11>

Acknowledgments

The study was carried out with the financial support of Project 0266-2019-0006 «Development of methods for resource assessment, exploration and calculation of reserves of hard-to-recover oil deposits in carbonaceous carbonate-clay-siliceous, carbonate and saline sand reservoirs» of the FSR Program IX.131.

The authors are grateful to the reviewer for a detailed analysis of the manuscript and valuable comments.

References

- Baranova S.S. (2018). Highlighting promising zones of the Bazhenov Formation on the territory of the Yamalo-Nenets Autonomous Area. *Gornye Vedomosti*, 1, pp. 86–96. (In Russ.)
- Braduchan Yu.V., Gurari F.G., Zakharov V.A. (1986). Bazhenov Horizon of Western Siberia (stratigraphy, paleogeography, ecosystem, oil content). Novosibirsk: Nauka, 216 p. (In Russ.)
- Eder V.G., Kostyreva E.A., Yurchenko A.Yu., Balushkina N.S., Sotnich I.S., Kozlova E.V., Zamirailova A.G., Savchenko N.I. (2019). New data on lithology, organic geochemistry, and conditions for the formation of the Bazhenov formation of Western Siberia. *Georesursy = Georesources*, 21(2), pp. 129–142. (In Russ.) <https://doi.org/10.18599/grs.2019.2.129-142>
- Eder V.G., Zamirailova A.G., Yan P.A. (2017) The regularities of the distribution of siliceous mudstones and “coccolith” member of the Bazhenov Formation. *Russian Geology and Geophysics*, 58(3–4), pp. 416–424. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2016.09.017>
- Eder V.G., Zamirailova A.G., Zhigulsky I.A. (2016). Lithology of the Bazhenov formation in the areas of the Khantey hemianteclyse and Mezhevskiy megamys of the West Siberian oil and gas basin. *Geologiya Nefti i Gaza = Russian Oil And Gas Geology*, 6, pp. 87–96. (In Russ.)
- Eder V.G., Zamirailova A.G., Zanin Yu.N., Zhigulsky I.A. (2015). Features of the lithological composition of the main types of sections of the Bazhenov Formation. *Geologiya Nefti i Gaza = Russian Oil And Gas Geology*, 6, pp. 96–106. (In Russ.)
- Kolpakov V.A., Spiridonov D.A., Shaykhutdinova G.Kh., Satgaleev Y.Kh., Koinova N.A., Galiev T.R. (2016). Oil content and geological structure of the normal and anomalous sections of the Bazhenov formation of the Kogalym region. *Geologiya, geofizika i razrabotka nefyanykh i gazovykh mestorozhdenii = Geology, Geophysics and Oil and Gas Field Development*, 11, pp. 5–17. (In Russ.)
- Kontorovich A.E., Burshtein L.M., Livshits V.R., Ryzhkova S.V. (2019). The main directions of development of the oil complex of Russia in the first half of the XXI century. *Vestnik RAN = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 89(11), pp. 1095–1104. (In Russ.)
- Kontorovich A.E., Burshtein L.M., Nikitenko B.L., Ryzhkova S.V., Borisov E.V., Ershov S.V., Kostyreva E.A., Kontorovich V.A., Nekhaev A.Y., Ponomareva E.V., Fomin M.A., Yan P.A. (2019). Volgian-Early Berriasian Marginal Filter in the West Siberian Marine Basin and Its Influence on Sediment Distribution. *Lithology and Mineral Resources*, 54(3), pp. 187–199. <https://doi.org/10.1134/S0024490219030039>
- Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Ryzhkova S.V., Shurygin B.N., Vakulenko L.G., Gaideburova E.A., Danilova V.P., Kazanenko V.A., Kim N.S., Kostyreva E.A., Moskvina V.I., Yan P.A. (2013). Jurassic paleogeography of the West Siberian sedimentary basin. *Russian Geology and Geophysics*, 54(8), pp. 747–779. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2013.07.002>
- Kontorovich A.E., Kostyreva E.A., Rodyakin S.V., Sotnich I.S., Yan P.A. (2018b). Geochemistry of bitumoids of the Bazhenov formation. *Geologiya Nefti i Gaza = Russian Oil And Gas Geology*, 2, pp. 79–88. (In Russ.)
- Kontorovich A.E., Ponomareva E.V., Burshtein L.M., Glinskikh V.N., Kim N.S., Kostyreva E.A., Pavlova M.A., Rodchenko A.P., Yan P.A. (2018). Distribution of organic matter in rocks of the Bazhenov Horizon (West Siberia). *Russian Geology and Geophysics*, 59(3), pp. 285–298. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2018.03.007>
- Kontorovich A.E., Rodyakin S.V., Burshtein L.M., Kostyreva E.A., Ryzhkova S.V., Yan P.A. (2018a). Porosity and oil saturation of rocks of the Bazhenov formation. *Geologiya Nefti i Gaza = Russian Oil And Gas Geology*, 5, pp. 61–73. (In Russ.)
- Kontorovich A.E., Yan P.A., Zamirailova A.G., Kostyreva E.A., Eder V.G. (2016). Classification of rocks of the Bazhenov Formation. *Russian Geology and Geophysics*, 57(11), pp. 1606–1612. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2016.10.006>
- Kontorovich V.A., Belyaev S.Yu., Kontorovich A.E., Krasavchikov V.O., Kontorovich A.A., Suprunenko O.I. (2001). The tectonic structure and history of tectonic development of the West Siberian geosyncline in the Mesozoic and Cenozoic. *Geologiya i Geophysika = Geology and Geophysics*, 42, 11–12, pp. 1832–1845. (In Russ.)
- Makarova O.M., Korobova N.I., Kalmykov A.G., Kalmykov G.A., Balushkina N.S., Belokhin V.S., Kozlova E.V., Kosorukov V.L., Manuilova E.A. (2017). The main rock types of the Bazhenov Formation on the Surgut arch and adjacent territories. *Georesursy = Georesources*, Special issue, pp. 155–164. <http://doi.org/10.18599/grs.19.16>
- Nemova V.D. (2019). Multilevel lithological typization of rocks of the Bazhenov Formation. *Neftyanoe Khozyaystvo = Oil industry*, 8, pp. 13–17. (In Russ.)
- Neruchev S.G. (1982). The relationship of the epochs of accumulation of organic matter and uranium with the boundaries of the development of the organic world. *Proc. VIII Int. Congress: Geochemistry of modern fossil sediments*, pp. 5–15. (In Russ.)
- Neruchev S.G. (1976). The era of radioactivity in the history of the Earth and the development of the biosphere. *Geologiya i Geophysika = Geology and Geophysics*, 5, pp. 3–13. (In Russ.)
- Prishchepa O.M., Averyanova O.Yu., Ilyinsky A.A., Morariu D. (2014). Oil and gas of low-permeability shale strata – the reserve of the raw material base of hydrocarbons in Russia. St.Petersburg: VNIGRI, 323 p. (In Russ.)
- Ryzhkova S.V., Burshtein L.M., Ershov S.V., Kazanenko V.A., Kontorovich A.E., Kontorovich V.A., Nekhaev A.Y., Nikitenko B.L., Fomin M.A., Shurygin B.N., Beizel A.L., Borisov E.V., Zolotova O.V., Kalinina L.M., Ponomareva E.V. (2018). The Bazhenov Horizon of West Siberia: structure, correlation, and thickness. *Russian Geology and Geophysics*, 59(7), pp. 846–863. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2018.07.009>
- Skvortsov M.B., Kuznetsov G.V., Surova N.D., Kopilevich E.A. (2018b). New data on the location of oil and gas productive zones of Bazhenov deposits in Western Siberia. *Geologiya Nefti i Gaza = Russian Oil And Gas Geology*, 2018b, 2, pp. 89–96. (In Russ.)
- Skvortsov M.B., Nemova V.D., Panchenko I.V., Kirsanov A.M. (2018a). Oil-bearing criteria for sediments of the Bazhenov Formation. *Geologiya Nefti i Gaza = Russian Oil And Gas Geology*, 1, pp. 109–114. (In Russ.)
- Soeder J. Daniel, Borglum J. Scyller (2019). The fossil fuel revolution. Shale gas and tight oil. Elsevier, 336 p.
- Stafeev A.N., Stoupakova A.V., Suslova A.A., Gilae R.M. (2017). Conditions of sedimentation and paleogeographic zoning of the Bazhenov Horizon (Tithon-Lower Berrias) in West Siberia. *Georesursy = Georesources*. Special issue, pp. 134–143. <http://doi.org/10.18599/grs.19.14>
- Stupakova A.V., Stafeev A.N., Suslova A.A., Gilae R.M. (2016). Paleogeographic conditions in the West Siberian Basin during the Tithonian–Early Berriasian. *Moscow University Geology Bulletin*, 72, pp. 8–17. <https://doi.org/10.3103/S0145875217010112>
- Zubkov M.Yu. (2016). Regional and local forecasts of the oil content of the Bazhenov and Abalak Formations (Western Siberia). *Gornye Vedomosti*, 3–4, pp. 46–68. (In Russ.)

About the Authors

Mikhail A. Fomin – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Head of the Laboratory for Problems of Geology, Exploration and Development of Hard-to-Recover Oil Fields, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; Senior Lecturer, Novosibirsk State University

3, Ak.Koptyug ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation
E-mail: FominMA@ipgg.sbras.ru

Rashid M. Saitov – Junior Researcher, Laboratory for Problems of Geology, Exploration and Development of Hard-to-Recover Oil Fields, Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

3, Ak.Koptyug ave., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

Manuscript received 8 April 2020;

Accepted 16 June 2020; Published 30 September 2020