

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию на соискание ученой степени

доктора геолого-минералогических наук

Балушкиной Натальи Сергеевны

**на тему: «Иерархическая структура природного резервуара баженовской
высокоуглеродистой формации»**

**по специальности 1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений**

Диссертационная работа Балушкиной Натальи Сергеевны посвящена разработке концепции рационального планирования и повышения эффективности поисково-разведочных работ одного из наиболее сложных геологических объектов Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна - баженовской высокоуглеродистой формации, характеризующейся высоким потенциалом нефтегазоносности, литологической неоднородностью разреза и пространственного распределения фильтрационно-емкостных свойств, ограниченными возможностями использования традиционных подходов и методов при моделировании и прогнозе.

Актуальность темы исследования

Начало изучения баженовских отложений как нефтегазоматеринской толщи относится к 60-м годам прошлого столетия. Так, Фабиан Григорьевич Гулари выделил баженовскую свиту как самостоятельное геологическое тело в 1959 г. А в 1961 г. он написал о том, что если баженовская свита будет трещиноватой, то она может оказаться нефтеносной, и с ней могут быть связаны значительные запасы нефти.

Последние 10 - 15 лет изучению баженовской формации, как нефтегазовмещающей толщи, посвящено огромное количество исследований и публикаций. Наибольшее их количество направлены на изучение геохимических показателей, определяющих нефтегазовый потенциал и

насыщенность разреза остаточными (не эмигрировавшими из нефтегазоматеринской формации) углеводородами. Особенность формации, заключающаяся в том, что она является не только источником углеводородов, но и толщей с нетрадиционным коллектором, где генерированные в ней углеводороды приобрели относительную подвижность, но сохранились.

Одна из первых обобщающих работ, посвященных оценке перспектив поисков нетрадиционных пород-коллекторов в баженовской свите Западной Сибири "Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири", вышла в 1983 г. (коллектив авторов ВНИГРИ под руководством Дорофеевой Т.В.). В ней на базе изучения вещественного состава слагающих пород, обосновываются природа емкости и условия фильтрации в породах-коллекторах нетрадиционного типа, рассмотрены методы оценки количественных характеристик коллекторских свойств пород. Приведена сравнительная оценка комплекса методов, использованных при исследованиях.

С тех пор, несмотря на значительные усилия компаний, уделяющих большое внимание поиску эффективных подходов к освоению низкопроницаемой, неоднородной, существенно глинистой, высокоуглеродистой баженовской толщи как свидетельствует доступные публичные результаты, относительные успехи достигнуты при изучении **специфических типов разрезов**, представленных либо карбонатными (радиоляритовыми) или терригенными, преимущественно песчанистыми и алевритистыми прослоями, либо участков, обладающих сильной трещиноватостью. Прогноз последних, как наиболее предпочтительных коллекторов, представляет и сегодня большую проблему и, по сути, не сформирован в какую-либо эффективную технологию. Об этом косвенно свидетельствуют и крайне незначительные объемы добычи нефти из низкопроницаемых отложений баженовской свиты на фоне масштабных оценок запасов и тем более огромных ресурсов.

Актуальность выбранной темы исследования несомненна, так как, несмотря на доказанную промышленную нефтеносность, более чем полувекую историю изучения "нетрадиционные" запасы баженовской формации находятся на начальном этапе освоения. О существующих сложностях при геологическом изучении, высоких рисках при прогнозе коллекторов и нефтегазоносности свидетельствует высокий процент «сухих» скважин, отсутствие масштабирования успешного опыта освоения и программ целенаправленного проведения геологоразведочных работ.

Целью исследования являлась разработка концепции рационального планирования и повышения эффективности поисково-разведочных работ с учетом разномасштабной пространственной неоднородности регионального резервуара БВУФ, обусловленной присутствием в его объеме разноранговых природных пустотных объемов.

В основу работы положен проанализированный разномасштабный фактический материал, а именно геолого-геофизические, прежде всего керновые, данные. К ним можно отнести результаты аналитических исследований керна по 600 скважинам, а также данные специально разработанного комплекса аналитических исследований керна по 200 преимущественно колонковым скважинам, проведенных в лабораториях МГУ, данные стандартных и расширенных комплексов каротажа по 3800 скважинам, результаты испытаний пласта Ю₀ по 900 скважинам и совместно с другими пластами по 1800 скважинам, картографический материал, 2D и 3D сейсмические материалы.

Для достижения цели исследования автором сформулировано решение следующих задач:

- выделение регионального резервуара в разрезе осадочного чехла и определение территории его распространения;
- выявление совокупности природных углеводородонасыщенных пустотных объемов, установление их иерархической соподчиненности,

- разработка многоуровневой формы их организации в единую структуру регионального резервуара;
- изучение структуры пустотного пространства нефтенасыщенных пород и прослеживание его изменения в процессе катагенеза в различных литотипах;
 - идентификация следов функционирования гидротерм, определение их влияния на элементы регионального резервуара БВУФ, разработка модели функционирования гидротермальной системы и оценка ее вклада в формирование нефтегазоносности;
 - выявление основных типов нетрадиционных резервуаров, их комплексная характеристика и разработка поисковых критериев;
 - разработка методологии системного изучения БВУФ и концепции планирования поисково-разведочных работ, с формулировкой цели и задачи, характеристика объектов прогноза и рекомендации по выбору наиболее рационального комплекса методов и видов работ.

Анализ и обработка результатов осуществлялись на основе современных подходов в органической геохимии, осадочной петрографии, петрофизики, электронной микроскопии, геофизических исследований скважин. В процессе работ выполнена реконструкция обстановок формирования, построены модели осадконакопления, проинтерпретирован комплекс геофизических исследований скважин, проведен комплексный анализ геолого-геофизических данных. Также выполнен большой комплекс аналитических исследований.

Автор выносит на защиту 5 положений, которые охватывают широкий круг вопросов:

1. Методологической основой системного исследования и моделирования свойств регионального резервуара БВУФ является систематика совокупных углеводородонасыщенных пустотных объемов, которая отражает его иерархическую структуру.

2. Стадийность формирования в мезокатагенезе пустотных объемов, насыщенных подвижными углеводородными соединениями, в зависимости от литологической принадлежности пород БВУФ, проявлена в том, что в раннем мезокатагенезе пустотные объемы, насыщенные подвижными углеводородными соединениями, формируются в радиоляритовых и фосфатных породах, в среднем мезокатагенезе – в биогенных карбонатных породах, в позднем мезокатагенезе – в смешанных высокоуглеродистых породах. Объединяющим фактором для совокупности пустотных объемов является система трещиноватости. К концу мезокатагенеза формируется иерархическая система пустотных объемов.

3. В структуре регионального резервуара БВУФ выделяется четыре типа нетрадиционных резервуаров: псевдогранулярный, «сланцевый», трещинно-каверновый, комбинированный. Их различные совокупности определяют разномасштабную неоднородность регионального резервуара.

4. Функционирование гидротермальных систем приводит к локальному разнонаправленному преобразованию пустотных объемов БВУФ, формированию положительных катагенетических аномалий, увеличению степени реализации углеводородного потенциала керогена.

5. При поисково-разведочных работах объектами прогноза являются следующие элементы регионального резервуара БВУФ: совокупности резервуаров и межрезервуарных флюидоупоров в пределах структурно-фациальных зон - на региональном этапе, нетрадиционные резервуары разных типов - на зональном, нефтенасыщенные породы с разной структурой пустотного пространства и их положение в разрезе - на локальном.

Анализ работы.

Результаты исследования изложены в рукописи объемом 225 страниц, содержащей 113 рисунков и 9 таблиц. Рукопись включает в себя введение, 7 глав, заключение и список литературы из 335 наименований.

Глава I. Посвящена общим представлениям и понятиям, в том числе и такому как «геологическая формация».

Автор предлагает выделять БВУФ как геологическое тело, сложенное пелитоморфными отложениями, обогащенными аквагенным ОВ и битуминозными компонентами, накопление которых проходило в эпиконтинентальном Западно-Сибирском позднеюрско-раннемеловом морском бассейне в условиях некомпенсированного осадконакопления. БВУФ как природная система является индикатором медленного прогибания и воздымания дна эпиконтинентального морского бассейна, специфических палеогеографических обстановок в бассейне осадконакопления и на окружающей суше (с высокой биологической продуктивностью), в результате чего формировалась высокоуглеродистая толща на территории практически всего современного ЗСНГБ.

В общем виде облик и свойства формации определяют такие факторы как вещественный состав парагенетических ассоциаций пород; фации, отражающие среду и условия осадконакопления и тектоника.

Подробно рассмотрены критерии выделения в разрезе осадочного чехла и определена территория его распространения. Мощность БВУФ на территории бассейна меняется от 5 до 65 метров, средняя концентрация ОВ от 2% до 18%. В центральной части бассейна БВУФ по стратиграфическому объему и вещественному составу совпадает с БС и БГ. В восточной части бассейна в яновстанской свите к высокоуглеродистым битуминозным относятся только породы средней части средневожского подъяруса, в западной части бассейна битуминозные отложения тутлеимской и мулымьинской свит встречаются в диапазоне от вожского яруса до низов готерива, что превышает стратиграфический диапазон БГ.

Автор, развивая представления Баженовой Т.К., считает, что изучение всей высокобитуминозной юрско-меловой части разреза в составе единой формации позволяет на единой методической основе исследовать БВУФ как

нетрадиционный перспективный объект, что скажется, по мнению автора, на оценках ресурсной базы.

Автор в этой связи придерживается позиции необходимости отказа от стратиграфической привязки, высказываемой некоторыми авторами на примере доманиковых отложений, с чем конечно трудно согласится. Такой подход, возможно являясь более высокотехнологичным, не позволяет изучить историю погружения и последовательность накопления и, соответственно, потенциала отдельных элементов высокобитуминозной формации. Скорее здесь был бы уместен при изучении формации секвенстратиграфический подход, учитывающий литологическое разнообразие, а оно, как также показано в работах последнего времени, в том числе при изучении доманиковых отложений, и определяет нефтегазоматеринский потенциал и возможности развития коллекторов.

Глава 2. Посвящена вопросу представлений о формировании скоплений нефти газа в высокоуглеродистых толщах.

Отмечая основную особенность нефтегазоносности высокобитуминозных толщ, имеющих «непрерывный» характер залежей с «трудноопределяемыми» границами, которые рассредоточены по всей толще пород на всем протяжении, в отличие от «дискретных», образующих изолированные залежи, автор делает выводы о необходимости «коренной модификации» применяемых методов и технологий при оценке целесообразности вовлечения в разработку, с чем трудно не согласится.

Учитывая низкий коэффициент пористости пород в продуктивных зонах, варьирующий от 1% до 10 % (чаще от 2 до 4 %) и проницаемость - от 0,1 до 0,01 мД и ниже, констатируется, что матрица такой породы не может обеспечить промышленный приток нефти без стимуляции пласта. Ключевыми характеристиками, определяющими решение о возможности разработки, являются как характеристики, используемые для традиционных коллекторов, так и специфические, присущие только НГМТ: термическая зрелость, толщина пласта и глубина его залегания, минералогия, форма

нахождения УВ, водонасыщенность, поровое давление, деформационно-прочностные свойства пород, степень насыщенности порового пространства пород углеводородами.

Исходя из положения о том, что из нефтегазоматеринских отложений добывается подвижная нефть, способная перемещаться из пласта в скважину, основными критериями промышленной нефтегазоносности БВУФ определены в исследовании такие, как: достаточные (не менее 15-25 м) ее толщины; высокие концентрации рассеянного ОВ (не менее 7,5%); наличие изолирующих подстилающих и перекрывающих пачек глинистых пород мощностью не менее 10 м; высокий уровень катагенеза ОВ (МК1+МК3); высокие современные пластовые температуры (не менее 90⁰С); микрослоистая структура пород, приводящая при катагенезе ОВ к листоватости и формированию коллекторов.

Автором делаются обоснованные выводы о том, что общепринятой модели коллектора и резервуара в БВУФ не разработано. Закономерности их латерального распространения и изменчивости ФЕС не установлены, а практически непрогнозируемое распространение, когда «на одну продуктивную скважину приходится три сухих», ставит под сомнение возможность прямого прогноза нефтегазоносности БВУФ по литологическому признаку.

Очевидным выводом, следующим из анализа выполненного автором, является вывод о необходимости разработки методов прогноза нефтегазоносности БВУФ, оценки масштабов развития скоплений подвижной нефти, разработки новых методов системного планирования нефтегазопроисловых работ.

В качестве замечаний к главе отмечается некоторая небрежность в использовании переводных терминов, отсутствие выраженной позиции автора по комбинированию петрофизических и геохимических показателей при оценке "подвижной" нефти и использование понятий "запасы" и "ресурсы", довольно неоднозначные применительно к БВУФ, а также

отсутствия некоторых определений, важных для понимания сути и широко используемых автором впоследствии (“подвижная нефть”, и ее отличие от “свободных УВ” и т.д.).

Глава 3. Посвящена иерархической структуре регионального резервуара, что является одним из разработанных в исследовании подходов.

Автором справедливо отмечается, что в высокоуглеродистых формациях такие понятия как *коллектор*, *нефтенасыщенная порода* и *резервуар* имеют свою специфику.

Под нефтенасыщенной породой в БВУФ диссертантом понимается высокоуглеродистая порода, в поровом пространстве которой содержатся свободные, способные к миграции УВ, утратившие связь с исходным материнским веществом и минеральной матрицей.

Нетрадиционные резервуары – это, по мнению автора, геологические тела, представляющее собой ассоциацию нефтегазонасыщенных высокоуглеродистых пород-коллекторов, полуколлекторов, в которых содержатся свободные УВ флюиды, а также частично неколекторов. Они ограничены межрезервуарными флюидоупорами, нацело сложенными неколекторами.

В качестве методологической основы предлагается разработанная диссертантом систематика природных УВ-насыщенных объемов, которая увязывает между собой в единую иерархическую последовательность все природные УВ-насыщенные пустотные объемы. Каждому иерархическому уровню соответствует свой тип неоднородности и свои объекты и методы изучения.

Объектами **первого** уровня являются *элементы матричного пустотного пространства*). На этом уровне проявляется *микрон неоднородность* БВУФ, отвечающая структурно-минералогическим особенностям и структуре матричного пустотного пространства, которое может быть заполнено как подвижными, так и связанными УВ.

Нефтенасыщенные породы являются объектами **второго** уровня систематики, их распределение и свойства отображают *мезонеоднородность* БВУФ. Нефтенасыщенность определяется аналитическими параметрами с учетом испытаний.

Нетрадиционные резервуары являются объектами **третьего** уровня систематики. Их пространственное распространение проявляет *макронеоднородность* БВУФ. В структуре регионального резервуара БВУФ выделены следующие нетрадиционные резервуары: псевдогранулярные, «сланцевые», трещинно-каверновые и комбинированные.

Совокупности нетрадиционных резервуаров формируют региональный мегарезервуар БВУФ и являются объектами последнего, **четвертого** уровня систематики.

Представленный подход к комплексному исследованию разномасштабной неоднородности природного резервуара БВУФ может быть использован в качестве основы разработки рациональной последовательности проведения нефтепоисковых работ, совершенствования методологии исследований ВУФ и разномасштабного геологического моделирования.

Представленный подход обосновывает первое защищаемое положение: методологической основой системного исследования и моделирования свойств регионального резервуара баженовской высокоуглеродистой формации является систематика совокупных углеводородонасыщенных пустотных объемов, которая отражает его иерархическую структуру.

Глава 4. В главе обсуждается характер формирования пустотного пространства БВУФ.

Методической основой явилось выделение нефтенасыщенных интервалов по комплексу признаков с привлечением данных керна и испытаний скважин, проведение стандартных петрографических исследований, рентгеновской микро- и макротомографии, сканирующей

электронной микроскопии, рентгено-фазового, рентгено-структурного анализов, пиролиза и определение ФЕС.

Автором пустоты разделены на две группы: матричные и аматричные.

Аматричные пустоты представлены трещинами и кавернами.

Разработана стадийность формирования элементов пустотного пространства.

В соответствии со стадийностью формирования пустот и их связи с компонентами пород, устанавливается и стадийность формирования нефтенасыщенных пород. Сделан вывод о том, что на стадии МК1 коллекторы формируются в радиоляритах, карбонатизированных радиоляритах средней части разрезов и фосфоритах верхней части разрезов. На стадии МК2 дополнительно формируется нефтенасыщение в карбонатных породах. В позднем катагенезе, на стадии МК3, за счет активного формирования системы сообщающихся пор в керогене, межкристаллических и межагрегатных пустот в кремнистых минералах, возрастают коллекторские свойства уже сформированных коллекторов, а также появляется нефтенасыщение в смешанных высокоуглеродистых породах матрицы. Автором сделан важный вывод о том, что в катагенетически зрелых участках БВУФ совокупная мощность нефтенасыщенных пород отвечает всей мощности БВУФ, и фактически весь разрез, **вне зависимости от литологической принадлежности слагающих пород**, будет нефтенасыщенным, представляющим собой чередование коллекторов и полуколлекторов с матричными и аматричными элементами пустотного пространства.

Обосновано второе защищаемое положение.

Основным выводом является то, что к концу мезокатагенеза формируется иерархическая система пустотных объемов. Объединяющим фактором для совокупности пустотных объемов является система разнонаправленных трещин. При этом следующая глава доказывает как

существенное влияние литологии, так и латеральной изменчивости на условия формирования резервуаров.

Глава 5. Обсуждает природные резервуары, площадь их распространения и условия формирования

Для анализа и прогноза изменчивости литологического строения разрезов в соседних скважинах одной площади и на удаленных друг от друга территориях, применен разработанный автором универсальный подход к литолого-стратиграфическому расчленению разрезов, увязанному с данными каротажа. Он включает в себя выделение в полном разрезе БВУФ 6 пачек - ассоциаций пластов, которые маркируются комплексами микро- и макрофауны, а также литолого-физическими параметрами.

Автором подробно описаны выявленные закономерности изменчивости литологического состава выделенных пачек БВУФ. На основе *корреляция литолого-стратиграфических уровней по комплексу ГИС выполнено структурно-фациальное районирование территории распространения БВУФ. И, пожалуй, наиболее значимой частью работы является типизации нетрадиционных резервуаров и их геолого-генетическая характеристика, представленная в исследовании.*

Наибольший вклад в нефтегазоносность вносят, по мнению автора, резервуары, по своим свойствам наиболее близкие к традиционным гранулярным - *«псевдогранулярные»*. Они имеют ограниченное площадное распространение, преимущественно вдоль склонов локальных структур, приурочены к участкам развития улучшенных емкостных свойств в низкоглинистых пластах: кремнистых, карбонатных и фосфатных. Участки промышленной нефтегазоносности, связанные с этим типом резервуара, не всегда характеризуются аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД) и температурой, т.к. скопления подвижной нефти в таких резервуарах начинают формироваться уже в начале мезокатаганеза. Коллекторы *«сланцевых»* резервуаров практически невозможно диагностировать визуально в керне, т.к. они не имеют выраженных

литологических границ, слагаются высокоуглеродистыми нефтенасыщенными породами с низкой пористостью - полуколлекторами, реже неколлекторами. Из-за высокого катагенеза для «сланцевых» резервуаров характерными признаками будут АВПД и высокие температуры.

«Трещинно-каверновые» резервуары выявлены в карбонатных и кремнистых породах БВУФ только на локальных участках трещиноватости с аномально повышенным катагенезом. Они приурочены к локальным участкам тектоно-гидротермальной проработки, которые маркируются положительными катагенетическими аномалиями (ПАК). Образование и распространение «трещинно-каверновых» резервуаров подчиняется закономерностям, рассмотренным в главе.

Безусловно, приведенные типы резервуаров необходимо учитывать при прогнозах при проведении поисковых работ, подборе оптимальных мероприятий воздействия на пласт для интенсификации притока.

Глава обосновывает третье защищаемое положение: в структуре регионального резервуара БВУФ выделяется четыре типа нетрадиционных резервуаров: псевдогранулярный, «сланцевый», трещинно-каверновый, комбинированный. Их различные совокупности определяют разномасштабную неоднородность регионального резервуара.

Глава 6. В главе обсуждаются гидротермально-метасоматические процессы как фактор формирования нефтегазоносности.

В БВУФ установлены структурно-вещественные признаки гидротермальных систем: структуры наложенной жильной минерализации с зональным выполнением пустот и трещин, микроструктуры растворения или метасоматического замещения, характерные новообразованные минералы щелочного и кислого метасоматоза.

Комплексная интерпретация данных изотопной геохимии, литологии, органической геохимии, петрографии, стандартной и специальной петрофизики по керну плотной сетки скважин, увязанные с данными каротажа и сейсморазведки 3Д, позволила создать обобщенное

представление о деятельности гидротермальных и других флюидных систем, их приуроченности к разным структурным элементам, о результатах их положительной и отрицательной деятельности в отношении нефтегазоносности БВУФ и абалакской свиты.

Выявлена связь зон ПАК с участками улучшенных коллекторских свойств БВУФ и с местами поступления гидротермальных флюидов в осадочный чехол, что, по мнению автора, позволяет создать новые методические приемы поиска и разведки залежей нефти и газа и расширить прогнозные критерии не только в БВУФ, но и в других горизонтах осадочного чехла и доюрского комплекса.

На этом базируется обоснование четвертого защищаемого положения: Функционирование гидротермальных систем приводит к локальному разнонаправленному преобразованию пустотных объемов БВУФ, формированию положительных катагенетических аномалий, увеличению степени реализации углеводородного потенциала керогена.

Глава 7. Завершающая глава описывает предложения по стратегии планирования поисково-разведочных работ на нефть и газ в БВУФ.

В качестве основы планирования стратегии поисково-разведочных работ в БВУФ автором предлагается систематика природных нефтенасыщенных пустотных объемов.

Поскольку результаты опробования и исследования керна БВУФ являются единственным прямым источником информации о наличии коллектора, а опробования после ГРП - о наличии полукolleктора, то и для определения типа коллектора и его принадлежности к тому или иному нетрадиционному резервуару необходимы отбор керна и его исследование. Для каждого нетрадиционного резервуара поисковые критерии будут индивидуальными.

В работе предлагается выстраивать стратегию нефтегазописковых работ с опорой на результаты исследований керна.

Материалами для регионального прогноза являются структурные карты по основным отражающим горизонтам, карты мощностей, схемы структурно-вещественного строения доюрского комплекса и схема катагенеза ОВ БВУФ. Свойства БВУФ и ожидаемую ассоциацию резервуаров в каждой структурно-фациальной зоне предлагается можно определять по индивидуальному набору петрофизических связей для каждой зоны. Территории, на которых катагенез ОВ БВУФ превышает градацию МК2, могут быть оценены как перспективные для развития «сланцевых» резервуаров – «sweet spots».

На этапе зонального прогноза выявляются перспективные участки, в которых возможно наличие одного или нескольких резервуаров. *Автором разработаны* схемы распределения ключевых параметров нефтегазоносности БВУФ по наличию и свойствам нетрадиционных резервуаров, а также итоговая схема вероятности успешного бурения, включающая положение дистальных и проксимальных зон палеотечения, зон апвеллинга, положение гидротермально измененных зон в фундаменте. Итоговая схема отражает вероятность обнаружения резервуара или их совокупностей.

Объектами локального прогноза являются контуры ожидаемой промышленной продуктивности, ограниченные распространением резервуаров, а также положение в разрезе БВУФ нефтенасыщенных пород. Контуры ожидаемой промышленной продуктивности, выделенные на подхода, разработанного автором, подтвердились получением промышленных притоков, в частности, на Назымском и Северо-Демьянском месторождениях.

В результате автором обосновано *пятое защищаемое положение, суть которого сводится к тому, что при поисково-разведочных работах объектами прогноза являются следующие элементы регионального резервуара БВУФ: совокупности резервуаров и межрезервуарных флюидоупоров в пределах структурно-фациальных зон - на региональном этапе, нетрадиционные резервуары разных типов - на зональном,*

нефтенасыщенные породы с разной структурой пустотного пространства и их положение в разрезе - на локальном.

Подводя итоги выполненному анализу работы можно сделать следующий вывод: разработана систематика, которая увязывает между собой в единую иерархическую последовательность все природные углеводородонасыщенные объемы высокоуглеродистых отложений.

Научная новизна работы

1. Созданы научные основы геологического моделирования и прогноза нефтегазоносности БВУФ с учетом системных уровней организации совокупных пустотных объемов;
2. Определены механизмы формирования емкости высокоуглеродистых пород, разработана классификационная схема четырех типов нетрадиционных резервуаров БВУФ, для которых даны индивидуальные поисковые критерии;
3. Разработана оригинальная модель функционирования гидротермальных систем в фундаменте и осадочном чехле, которая описывает влияние относительно высокотемпературных флюидов на элементы регионального резервуара БВУФ: положительное проявлено в формировании емкостного пространства, ускорении катагенетического созревания керогена и реализации его генерационного потенциала, отрицательное - в минерализации пустотного пространства, ухудшении коллекторских свойств и формировании вторичных флюидоупоров;
4. Предложена концепция рационального планирования поисково-разведочных работ с учетом иерархической структуры регионального резервуара БВУФ: сформулированы основные цели и задачи, охарактеризованы разномасштабные объекты прогноза, даны рекомендации по выбору рационального комплекса методов и видов работ;
5. Составлен авторский прогноз разномасштабных перспективных объектов в БВУФ по параметрам нетрадиционных резервуаров.

Практическая значимость полученных результатов заключается в формировании обоснованных стратегий ГРП на нефть и газ в БВУФ и проведении оценок по целесообразности вовлечения их в разработку. Практическим результатом работы являются методические рекомендации (МР) по исследованию керна ВУФ, позволяющие выделять нефтенасыщенные толщины, обосновывать подсчетные параметры (патент #RU2681801C1, 12 марта 2019г), оценивать флюидонасыщенность и подвижность флюидов в поровом пространстве. МР аккумулированы в программу работ с кернавым материалом ВУФ в компаниях ПАО «НК «Роснефть», ПАО «Газпромнефть», ПАО «Татнефть». Разработан способ прогноза наличия залежей подвижной нефти в баженовских отложениях на основе выявления катагенетических аномалий (Патент #RU2798146C1, 16 июня 2023г). Для всей территории ЗСНГБ построены карты распределения плотности ресурсов: подвижной нефти, сорбированных УВ соединений; остаточного генерационного потенциала; создана прогнозная схема вероятности успешного бурения, даны рекомендации по первоочередным объектам для постановки ГРП. Концепция влияния гидротермальных процессов на нефтегазоносность за счет локального преобразования элементов резервуара может являться основой для поиска новых залежей углеводородных флюидов в породах доюрского основания и в осадочном чехле.

Замечания.

Некоторые замечания были указаны в тексте рецензии при анализе работы. Из наиболее существенных отмечаются следующие:

1. Автором детально рассмотрены емкостные (петрофизические) характеристики, приведен анализ геохимических особенностей БВУФ, но не отражены особенности их взаимодействия и учета при определении последовательности ГРП и, самое главное, при оценке потенциала. Не ясно как соотносятся огромные цифры объемов генерированных баженовской формацией УВ и объемов пустотного пространства. Коррелируются ли они?

2. Связанное отчасти с этим же и второе замечание. Определение "коллектора" основано сугубо на петрофизических характеристиках, но никак не учитывает автохтонность или аллохтонность ОВ в породе, его природу и особенности, что в существенной мере определяет подвижность.

3. В работе кроме выделения типа резервуаров не отражено возможное неоднородное распределение карбонатной матрицы, влияющее изменение ФЕС породы. Такое влияние доказано экспериментами по оценке петрофизических свойств до экстракции битумоидов и после нее в доманиковых отложениях ТПП.

4. В качестве значимого для уровня зрелости УВ выделено гидротермальное воздействие на осадки, при этом использовано следующее деление по генезису гидротерм:

- связанные с формированием и развитием пермь-раннетриасового вулканогенно-осадочного комплекса;
- связанные с крупными гранитоидными массивами;
- связанные с региональными сутурными зонами, выполненными серпентинитами. Максимальное превышение катагенеза установлено над гранитоидными массивами, минимальное - над сутурными зонами. То есть, можно предполагать, что основные усилия поисковой стадии необходимо концентрировать в зонах размещения гранитоидов?

На основании анализа диссертационной работы можно считать выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, в достаточной степени обоснованными.

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации. Результаты исследований по теме диссертации изложены в 37 работах, из них 35 в рецензируемых изданиях, индексируемых в базах данных WoS, Scopus, RSCI, а также в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ. Соискатель является соавтором двух монографий и двух патентов по теме диссертационного исследования.

Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации на тему: «Иерархическая структура природного резервуара баженовской высокоуглеродистой формации» соответствует специальности 1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Балущкина Наталья Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Официальный оппонент:

Доктор геолого-минералогических наук, с.н.с./доцент,
проректор по научной деятельности,
заведующий кафедрой геологии нефти и газа
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II»

Прищепа Олег Михайлович

подпись

27.03.2026 Дата подписания

20

производства
га

— Е.Р. Яковлева

27 MAR 2026

Контактные данные:

тел.: 7(812)328-81-77, e-mail: Prischepa_OM@pers.spmi.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом
защищена диссертация:

25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых
месторождений

Адрес места работы:

199106, Россия, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21-я линия, 21,
корпус 1.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет
императрицы Екатерины II». Тел.: 8(812) 328-81-77, сайт: <https://spmi.ru/>
email: prischepa_om@pers.spmi.ru