

**ОТЗЫВ на автореферат диссертации
на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук
Балушкиной Натальи Сергеевны «Иерархическая структура природного резервуара
баженовской высокоуглеродистой формации» по специальности 1.6.11 «Геология,
поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений»**

Актуальность. Нефтематеринские и промышленно нефтегазоносные высокоуглеродистые толщи баженовской формации содержащие более 20 млрд. тонн нефти несомненно являются основным объектом для устойчивого восполнения ресурсной базы. Несмотря на значительный объём предшествующих работ, остаются нерешёнными вопросы типизации резервуаров, масштабной неоднородности коллекторских свойств и практической стратегии геологоразведочных работ (ГРР) для объектов с площадной нефтегазоносностью. Создание концепции рационального планирования ГРР, опоискования и получения притока УВ с учётом иерархической структуры природного резервуара БВУФ безусловно задача актуальная.

Степень обоснованности и достоверности результатов работы подтверждена автором по анализу керна около 600 скважин (с единым комплексом исследований кернового материала около 200 скв.), данных стандартных и расширенных комплексов каротажа по 3800 скважинам, результатам испытаний по объекту Ю0 более чем по 900 скважинам, результатов данных МОГТ 2D (~100 тыс. км) и 3D (~250 тыс. км²) сейсмических материалов. Методика изучения содержит весь комплекс доступных видов исследований: от микроскопии/микро- и макротомографии, РЭМ, изотопной геохимии до интерпретации 3D-сейсмических данных. Результаты апробированы на более 25 конференциях; представлены публикации (37 работ, в т.ч. 35 в рецензируемых изданиях), 2 патента и 2 монографии-что в совокупности формирует высокую степень доверия к выводам.

Диссертация состоит из введения, 7 глав и заключения (225 стр., 113 рисунков, 9 таблиц, список литературы—335 наименований).

В главах работы дано современное представление о БВУФ как геологического тела, сложенного пелитоморфными отложениями с повышенной концентрацией аквагенного ОВ и битуминозных компонентов, характер изменения ТОС от 2 до 18%, показаны латеральные изменения

строения; рассмотрены зарубежные и отечественные подходы к изучению нетрадиционных ресурсов углеводородов и коллекторов; рассмотрено соотношение подвижных, сорбированных и связанных форм углеводородов; приведены основные критерии нефтегазоносности баженовской формации, включая толщину, концентрацию органического вещества, наличие флюидоупоров, уровень катагенеза и особенности микрослоистости; обоснование методологической основы исследования природных нефтегазонасыщенных пустотных объёмов, предложена иерархическая схема, включающая четыре уровня: от элементов матричного пустотного пространства до ассоциаций нетрадиционных резервуаров регионального масштаба; также приведена классификация пустот на матричные (микро-, мезо- и макропоры, поры керогена, межкристаллические и межагрегатные) и аматричные (трещины, каверны); сформулированы защищаемые положения; рассмотрены принципы литолого-стратиграфического расчленения разрезов и их корреляции, выделены 6 пачек в составе БВУФ; рассмотрены признаки гидротермальной переработки пород БВУФ: минералогические, структурные и изотопные характеристики; сформулированы защищаемые положения, предложена концепция выбора перспективных для проведения геологоразведочных работ участков.

Несомненна научная новизна работы- впервые систематизирован и определен механизм формирования ёмкостного пространства высокоуглеродистых пород и разработана классификационная схема, оригинальная модель влияния гидротермальных систем на породы фундамента и осадочного чехла, которая описывает их положительное влияние (формирование ёмкостного пространства, ускорение катагенетического созревания керогена и реализация его генерационного потенциала) и отрицательное влияние (минерализация пустотного пространства, ухудшение коллекторских свойств и формирование вторичных флюидоупоров), что позволило создать научные основы построения геологических моделей и прогноза нефтегазоносности БВУФ, для концепции рационального планирования геологоразведочных работ с учётом иерархической структуры резервуара БВУФ.

Достоверность и обоснованность научных результатов, представленных автором, обеспечены использованием современного высокоточного сертифицированного лабораторного и скважинного оборудования, а также применением проверенных методик сбора и обработки исходной информации. Выводы диссертационного исследования опираются на общеизвестные и проверяемые факты, согласуются с данными,

представленными в независимых источниках по теме работы. Совокупность различных методов – аналитика керна, результаты геофизических исследований скважин, данные сейсморазведки, органическая геохимия и петрофизика – позволили провести кросс-проверку результатов и повысить надёжность интерпретаций. Высокая степень достоверности подтверждается также широкой апробацией материалов: основные научные положения и практические результаты диссертации неоднократно докладывались на международных и всероссийских конференциях, обсуждались в профессиональном сообществе и получили положительную оценку специалистов.

Научная значимость. Диссертационная работа расширяет и уточняет представления о геологическом строении, нефтегазоносности и закономерностях формирования баженовской высокоуглеродистой формации. Впервые системно обоснована иерархическая структура природного резервуара БВУФ, разработаны классификационные критерии четырёх типов нетрадиционных резервуаров и дана их комплексная характеристика. Показана роль гидротермальных процессов в формировании ёмкостного пространства, в катагенетическом созревании органического вещества и генерации углеводородов. Предложенная концепция учитывает разномасштабную неоднородность, что является важным шагом для развития теории нефтегазоносных систем в нетрадиционных толщах.

Практическая значимость. Результаты исследования имеют непосредственное прикладное значение для нефтегазовой отрасли. Разработаны методические рекомендации по исследованию керна высокоуглеродистых толщ, позволяющие выделять нефтенасыщенные интервалы, обосновывать подсчётные параметры, оценивать флюидонасыщенность и подвижность флюидов. Созданы карты плотности ресурсов (подвижной нефти, сорбированных углеводородов и остаточного генерационного потенциала) и схема вероятности успешного бурения, подтвердившие свою эффективность на практике. Полученные выводы и методические подходы используются в исследовательских программах ведущих нефтяных компаний и могут быть адаптированы для аналогичных объектов других нефтегазоносных провинций.

Рекомендации и вопросы по диссертации:

В процессе анализа представленного автореферата диссертационной работы Балускиной Н.С. выявлены следующие моменты, требующие доработки и уточнения:

1. Порог 5,3 % подвижной пористости принят как минимальное значение для «естественных коллекторов». В диссертации он обосновывается ссылкой на эмпирическую корреляцию с промышленными притоками и на работы Калмыкова Г.А. (2016-2017), который ввел понятие «коэффициента подвижной пористости». Однако объём статистической выборки и диапазон применимости критерия (по литотипам и стадиям катагенеза) в работе не раскрыты. Это затрудняет универсализацию данного порога и требует дополнительного подтверждения.
2. Вероятностная модель успешности бурения основана на экспертном ранжировании факторов. Вместе с тем, для повышения объективности представляется полезным дополнить данный раздел проверкой на независимой выборке скважин. Например, показать, насколько точно модель предсказывает результат бурения (наличие/отсутствие промышленного притока, сравнение плана с фактом), каков процент правильных прогнозов, есть ли ошибки первого/второго рода, и как чувствительны результаты к изменению весов критериев.
3. Для ряда поисковых критериев, в частности повышенных пластовых давлений и температур, характерных для «сланцевых» резервуаров БВУФ, в диссертации указаны только качественные признаки. Однако отсутствуют количественные диапазоны (пороговые значения) по бассейну с учётом глубины залегания, стадии катагенеза органического вещества и их вариаций в разных структурно-фациальных зонах.
4. Термин «псевдогранулярные коллекторы» в диссертации выделен и описан, однако отсутствует его формализованное определение, не представлены диагностические критерии -соотношение коллекторов и полукolleкторов, характерные типы пустот (межкристаллические, внутрираковинные и др.), диапазоны значений K_p и $K_{пр}$.
5. В работе принят единый водородный индекс равный 715 для расчёта индекса трансформации по всему бассейну. Не учтено, что H_I варьирует в зависимости от литотипов, типа керогена, палеообстановкам.
6. В главе, где сопоставляются данные ЯМК и ЯМР, показано, что стандартный порог T_2 (≈ 33 мс), обычно применяемый в других бассейнах, не подходит для БВУФ. Однако в диссертации не указано, какие именно пороговые значения были выбраны для бажена и как они обосновывались.
7. В работе заявлены крупные объёмы 3D-сейсмических данных, но подробно не показано, какие именно атрибуты применялись и какова их эффективность (спектральная декомпозиция, кривизна, выделение линейных зон, инверсия и т.д..?), как оценивалось качество их привязки

к данным ГИС и керна, а также привести примеры, где атрибуты реально улучшили оконтуривание резервуаров или зон ПАК. Учитывая изыскания автора в этом направлении начиная с 2008 г, дополнительно можно показать, насколько прогнозы по атрибутам совпадают с фактическими результатами по новым скважинам.

8. В работе положительные катагенетические аномалии (ПАК) рассматриваются как важный критерий прогноза. Вместе с тем остаётся вопрос, насколько устойчивы границы этих зон. Они могут меняться в зависимости от метода построения карт, шага интерполяции и принятого исходного значения НЮ. Было бы полезно показать, как меняются контуры ПАК при разных параметрах расчёта, определить критерии «устойчивой ПАК» (например, если её границы сохраняются при изменении метода) и сопоставить выделенные аномалии с фактической продуктивностью скважин.

Заключение

Диссертационная работа Балушкиной Натальи Сергеевны «Иерархическая структура природного резервуара баженовской высокоуглеродистой формации» представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, в котором проведено всестороннее изучение геологического строения, нефтегазоносности и факторов формирования БВУФ. В работе создана методологическая основа для системного анализа разноранговых совокупных пустотных объёмов, предложена классификация нетрадиционных резервуаров, показана роль гидротермальных процессов и разработана концепция рационального планирования геологоразведочных работ с учётом разномасштабной неоднородности.

Полученные результаты обладают как теоретическим, так и практическим значением. Теоретически они развивают представления о механизмах формирования ёмкости высокоуглеродистых пород и системной организации природных резервуаров. Практически — обеспечивают новые методические подходы к исследованию керна, уточнению подсчётных параметров, выделению продуктивных интервалов, построению прогнозных схем вероятности успешного бурения, которые уже нашли применение в исследовательских и прикладных проектах ведущих нефтегазовых компаний.

Замечания, приведённые выше, касаются главным образом отдельных методических уточнений, терминологической формализации и редакционно-технического оформления. Они не снижают научной и практической ценности

выполненной работы, а лишь указывают направления, которые могут дополнительно повысить её прикладной эффект.

Представленная работа Балушкиной Н.С. отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней в МГУ имени М.В. Ломоносова, предъявляемым к работам на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.11 – «Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Базаревская Венера Гильмеахметовна,
Республика Татарстан, г. Альметьевск,
ул. Советская 186 а, каб. 6 Б. 4
тел: 8(8553)- 310-800 вн.53224

bazarevskaya@tatnipi.ru

Институт «ТатНИПИнефть»

ПАО «Татнефть» им.В.Д.Шашина

Заместитель директора по научной работе в области геологии

трудноизвлекаемых запасов «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть»,

кандидат геолого-минералогических наук

Базаревская В.Г.

Согласна на включение персональных данных в документы,
связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Заверяю подлинность подписи Базаревской Венеры Гильмеахметовны: