

ОТЗЫВ

**официального оппонента на диссертацию на соискание ученой степени доктора
геолого-минералогических наук Зубкова Михаила Юрьевича на тему:**

**«Тектоно-гидротермальные процессы и их влияние на литологический состав и
нефтегазоносность Западно-Сибирского бассейна»**

Специальность 1.6.11 – Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых
месторождений

Актуальность работы. В связи с необходимостью расширения сырьевой базы в России в условиях постепенного истощения запасов в традиционных коллекторах, чрезвычайно важным является выявление особенностей состава, строения и механизмов образования таких «нетрадиционных» коллекторов как породы баженовско-абалакского комплекса (БАК) верхней юры и доюрского вулканогенно-осадочного комплекса (ДК) Западно-Сибирского осадочного бассейна (ЗСБ). Также крайне актуальным является установление особенностей генезиса месторождений углеводородов (УВ) в коллекторах этого типа для уточнения перспектив нефтегазоносности «нетрадиционных», сложных для освоения коллекторов и оценки их геологических ресурсов.

Степень обоснованности научных положений. Работа выполнена на базе Тюменского индустриального университета. Она основана на результатах аналитических исследований большого коллекционного материала керна скважин и данных экспериментов, проведенных лично автором. В рамках диссертационной работы систематизированы данные по комплексным литолого-петрофизическим и геохимическим исследованиям 3500 образцов керна БАК и ДК, отобранных из более 250 скважин. Разработанная автором оригинальная методика оценки нефтегазогенерационных свойств пород с использованием метода материального баланса, основанного на результатах пиролитических исследований разновозрастных пород (от доюрского комплекса до верхненеокомских отложений) была протестирована на 580 образцах.

Апробация работы. Результаты исследований по теме диссертации опубликованы в виде 26 работ в журналах, рекомендованных ВАК, в том числе 14 работ в изданиях, включенных в международные базы цитирования Web of Science, Scopus и др. («Геология нефти и газа», «Нефтяное хозяйство», «Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений», «Геология и геофизика», «Геохимия», «Геотектоника», «Вестник МГУ. Сер.4. Геология», «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири»,

«Георесурсы»). Всего автором опубликовано 76 научных работ, в том числе 2 монографии, 2 авторских свидетельства и 2 патента на изобретения.

Научная новизна. Диссертантом разработан ряд методических подходов, в частности: а) способ применения данных сейсморазведочных работ для тектонофизического моделирования с целью прогноза перспективных высокопродуктивных участков; б) модифицированный метод материального баланса в комплексе с пиролизом для оценки нефтегазогенерационных свойств разновозрастных пород. М.Ю. Зубковым впервые использовано экспериментальное (лабораторное) гидротермальное моделирование для восстановления механизма формирования вторичных коллекторов в различных литологических типах пород доюрского комплекса и баженовского горизонта ЗСБ. На основе этого впервые установлено, что при высоких температурах и давлении углекислота проявляет свойства окислителя, вызывая окисление ОВ и других природных восстановителей с образованием окиси углерода, что в присутствии водорода делает возможным образование «синтетических» УВ, и доказано активное участие тектоно-гидротермальных процессов в формировании вторичных коллекторов, сопровождающихся изменением их литологического состава, в генерации нафтидов и образовании УВ залежей в разновозрастных породах ЗСБ; осуществлен региональный и локальный прогнозы перспектив нефтегазоносности БАК, проведена оценка геологических ресурсов УВ этого комплекса на примере конкретной площади.

Практическая значимость. На основе разработанных соискателем методических подходов: 1) построены карты перспектив БАК в пределах 12 площадей и месторождений с высокой степенью подтверждаемости сделанных прогнозов; 2) проведена оценка прогнозных ресурсов углеводородов, содержащихся в отложениях БАК ХМАО; 3) выполнена количественная оценка генерационных свойств разновозрастных осадков в пределах около 30 месторождений и площадей ЗСБ; 4) построены прогнозные карты с выделением перспективных участков в пределах Северо-Варьеганского и Ханты-Мансийского месторождений с подтверждаемостью сделанных прогнозов порядка 75 %.

Автором защищаются четыре положения, обоснование которых дано в главах диссертации.

Диссертационная работа Зубкова Михаила Юрьевича состоит из введения, 5 глав и заключения, текст состоит из 383 машинописных страниц, содержит 181 рисунок, 28 таблиц, список литературы состоит из 327 наименований.

В первой главе диссертационной работы М.Ю. Зубкова рассмотрены тектоно-гидротермальные процессы в кровельной части доюрского комплекса ЗСБ. В начале этой главы соискатель приводит данные об основных типах коллекторов ДК и механизме их образования. Далее приводятся результаты «гидротермального моделирования формирования вторичных коллекторов в кровельной части ДК» в разных геохимических системах. Этот раздел представляет большой интерес. Столь детального изучения появления новообразованных минералов при воздействии флюидов (при $T=200-400^{\circ}\text{C}$) в разной геохимической среде применительно к ДК ранее не проводилось. На основе этого М.Ю. Зубков делает прогноз зон распространения вторичных коллекторов в верхней части доюрского комплекса коллекторов в кремнистых известняках. На базе результатов этих исследований обосновываются первое и второе защищаемые положения.

В целом эти защищаемые положения достаточно обоснованы. В то же время, первые предложения в обоих защищаемых положениях несколько дублируют друг друга, их можно было бы объединить в одно. На мой взгляд, второе предложение в первом защищаемом положении сформулировано не вполне удачно, так как в защищаемом положении совсем не обязательно (и даже не нужно) приводить его обоснование. По смыслу это предложение дублирует третье защищаемое положение (о возможностях разработанного соискателем методического подхода). В одном из защищаемых положений можно было бы отразить другие не менее интересные результаты, такие как гидротермальное моделирование или три признака свидетельства наличия залежей в ДК, выделенных автором, критерии их поиска или процесс образования вторичных коллекторов в кровельной части ДК. Эти результаты, несомненно, важны в практическом плане.

К главе 1 имеются следующие замечания, касающиеся в основном вводной информации о коллекторах.

1. В главе отсутствует подробная методика изучения пород. Перечисление методов в одном абзаце крайне недостаточно для такого уровня исследования. Подробное описание методов, используемых в работе, с приведением данных об используемом инструментарии (названии приборов, год выпуска и производитель, и погрешности метода) позволяет оценить качество проведенного исследования.

2. Для понимания состава, строения кровельной части ДК и его фациальных особенностей в районе исследования в тексте главы 1 не хватает приведения литологических колонок с указанием возраста пород, а также карт распространения основных типов коллекторов (зон трещиноватости и свидетельств гидротермального

воздействия, их мощностей (на разных площадях) и формы распространения (пятнистое, линзовидное и др.), выделенных диссертантом. Хотелось бы получить информацию насколько эти зоны прослеживаются на территории исследования? Частично эта информация есть ниже в этой главе, но ее целесообразно было бы упорядочить, систематизировать и представить в начале главы в качестве вводной информации.

3. Также не ясно какие минералы-индикаторы гидротермального процесса наблюдал автор работы?

4. Не совсем ясно почему автор рассматривает воздействие только гидротерм на исследуемые породы? На глубине 2-3 км, как известно, циркулируют и элизионные воды разного состава. Осталось не ясным, каким образом соискатель учитывает участие элизионных растворов в образовании аутигенных минералов?

5. Процесс образования коллекторов в ДК более информативно было бы представить в виде иллюстрации (представить в виде модели). Также желательно добавить сейсмограммы для подтверждения выводов о влиянии батолитов и возникающей на контакте с ними зоны трещиноватости при образовании коллекторов.

6. Все эти замечания рекомендуется использовать при дальнейшей публикации монографии по результатам исследования.

Во второй главе приводятся результаты исследования, посвященного выявлению свидетельств тектоно-гидротермальных процессов в гранулярных юрских отложениях. В начале главы приводятся свидетельства преобразования гранулярных коллекторов в юрских отложениях, сопровождающиеся конкретными примерами новообразованных минералов, фотографиями керна и СЭМ. Одновременно делаются предположения о том, как это все могло образоваться, подробно описывается механизм и стадийность процессов. Далее диссертант приводит результаты большой по объему и трудоемкой работы по гидротермальному моделированию формирования вторичных коллекторов и нефтидов в юрских отложениях. Как это было описано ранее, именно экспериментальному моделированию такого плана посвящено крайне мало исследований. Основной объем опытов проводится автором работы с гидротермальными растворами ($E=200-390^{\circ}\text{C}$), имевшими различную концентрацию CO_2 , $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}_2$, при этом, воздействию гидротермальных флюидов подвергались разные литотипы (алевролиты, аргиллиты, песчаники, гравелит). После проведения экспериментов определялось изменение вещественного состава пород при помощи методов РСА, поляризационной микроскопии и СЭМ. Все результаты оформлены в таблицы и сопровождаются фотографиями. Изменение состава породообразующих компонентов приводится М.Ю. Зубковым на детальнейшем уровне, к примеру, изменение геохимического состава хлоритов (с. 89) или (с. 91

«...шарообразными «мохнатыми» агрегатами железистого Хл, имеющими диаметр 12-30 мкм, но в отличие от предыдущих, состоящих исключительно из Fe и Si, в этих агрегатах Хл помимо Fe и Si присутствует Al». В результате делаются выводы о том, растворение и/или образование каких минералов приводит к образованию вторичной пористости юрских пород ЗСБ. В завершении этого раздела соискатель делает выводы о том, что зоны, подвергавшиеся внедрению высокоэнтальпийных гидротермальных флюидов (ГФ) будут отличаться от окружающих их участков более высокими значениями ФЕС (с. 110) за счет растворения неустойчивых минералов, представленных, в первую очередь, плагиоклазами и карбонатами, а также вследствие превращения исходного ОВ в битумы и жидкие, а также газообразные УВ (с. 112). Далее в подразделе 2.3. освещены результаты тектонофизического моделирования образования зон разуплотнения и вторичной трещиноватости в юрских отложениях, выделение перспективных участков. В качестве материала при оптическом моделировании автором диссертационной работы использовались 12-20% водно-глицериновые растворы (гели) желатина (упругие и упруго-хрупкие тела). Модели отливались в специальных боксах, затем помещались в нагружательную камеру и исследовались в простейших поляризационно-оптических системах с рабочим диаметром поля поляроидов 300 мм (ПКС-250).

На примере Ем-Еговского и Пальяновского месторождений, Михаил Юрьевич показал, что рассматриваемый способ моделирования дает возможность детально изучить характер распределения нормальных и касательных напряжений в каждом конкретном районе, а также осуществить прогноз мест расположения зон растяжения, сжатия, направление и тип дислокаций, а также перспективных участков для поисков залежей УВ. Далее в главе приведены результаты двумерного и трехмерного моделирования формирования антиклинальных структур с использованием сейсмовременных разрезов. Это исследование способствовало выявлению механизмов формирования «бескорневых» (в терминологии автора) поднятий, а также зон разуплотнения или просадки в осадочной толще, которые детально рассматривает М.Ю. Зубков в этом разделе диссертации. На примере Славинского месторождения автор приводит закономерности распространения зон трещиноватости, сопровождая текст структурно-прогнозной схемой размещения залежей углеводородов и зон повышенной продуктивности. В последнем разделе главы подробно рассматривается механизм формирования углеводородных залежей в гранулярных юрских осадках. Выводы по этой главе достаточно обоснованы. Результаты по исследованию этой главы (совместно с выводами, изложенными в Главе 1) обосновывают первое защищаемое положение и третье защищаемое положение.

К тексту главы 2 имеются следующие замечания:

1. В начале главы не приведен конкретный возраст (ярусы, название свит) юрских гранулярных отложений, рассматриваемых в этой главе. Желательно более конкретно обозначать объект исследования.

2. Качество фотографий не всегда удовлетворительно.

3. Как известно в юрских отложениях ЗСБ процесс гидрослюдизации монтмориллонита начинается с глубин около 2 км (Лебедев, 1992), несколько позже на глубинах около 2,5-2,7 км в верхнеюрских песчаниках фиксируется преобразование каолинита в диккит (Вакуленко, Ян, 2017). Эти процессы происходят без воздействия гидротерм, вызваны постепенным изменением Р-Т условий в осадочной толще по мере погружения. Также описаны процессы катагенетической пиритизации пород в отложениях верхней юры (Сахибгареев, 1989; Эдер, 2020, 2026). Соответственно возникает вопрос, по каким критериям соискатель разделяет образование этих минералов в катагенезе без участия гидротермальных растворов и при их воздействии?? Для доказательства их гидротермального происхождения целесообразно было бы привести литологические колонки и описание вещественного состава разрезов (включая особенности распределения и формы нахождения гидрослюды, каолинита, диккита и пирита), в которых наблюдается воздействие гидротерм и без свидетельств их деятельности.

4. Так же, как и в прошлой главе, на мой взгляд, представленный материал был бы значительно более репрезентативным и понятным для читателя, если был бы снабжен иллюстративным изображением моделей постадийного преобразования пород.

Глава 3 посвящена рассмотрению вопросов, касающихся тектоно-гидротермальных процессов в бажено-абалакском комплексе и его нефтегазоносности. В начале главы соискатель рассматривает критерии регионального прогноза нефтегазоносности бажено-абалакского комплекса. В частности, одним из наиболее важных критериев отмечена величина пластовой температуры по кровле БС и взаимозависимая с этим параметром величина кажущихся сопротивлений отложений БАК. На основе этого выделяются перспективные для разработки БАК на УВ районы. Далее следует литологическое описание разрезов, которое вызвало много вопросов, обозначенных ниже в замечаниях. В этой главе автором работы также рассмотрены основные типы коллекторов БАК, механизмы их образования, особенности преобразования ОВ. Ниже М.Ю. Зубков приводит результаты экспериментов воздействия ГФ на породы БАК. Эта часть работы достаточно хорошо проработана и обоснована. На основе полученных данных соискателем предложены критерии и рекомендации, связанные с выделением коллекторов в составе БАК и прогнозом перспективных территорий (на основе тектонофизического моделирования), что является важным практическим результатом работы и базой для

будущих поколений исследователей и разработчиков. Михаил Юрьевич также затрагивает ряд вопросов о механизме накопления урана и образования карбонатов в БАК. Данные из этой главы послужили для диссертанта основой (касающейся БАК) для обоснования 1 и 3 защищаемых положений.

Замечания к главе:

1. Методическая часть проведенных разноплановых исследований в этой главе изложена не в должном виде. Также не обозначено количество образцов, участвующих в каждом виде анализов, эта информация как бы размыта по тексту.

2. Диссертант делает выводы о литологическом составе БАК по 2-3 разрезам, что является крайне малым количеством для такого типа исследования, так как известно, что БС обладает неоднородностью вещественного состава даже на одной площади в связи с катагенетическими преобразованиями пород. Также выделять отдельный карбонатный пласт в качестве пачки присущей всем разрезам БС нецелесообразно, так как даже в пределах одной площади он как правило имеет линзовидное строение и связан с пятнистым распространением катагенетической карбонатизации.

3. Соискателем не приведен анализ публикаций по теме, касающейся литологии БАК, что существенно обеднило работу и сделало выводы по особенностям литологии изучаемых отложений не вполне обоснованными.

4. Автор приводит в тексте названия пород БАК по трехкомпонентной классификации по трем разрезам. Хотя включение четвертого компонента – органического вещества, является крайне важной характеристикой, которую нельзя не учитывать!

5. Также не ясно почему соискатель выделяет зоны, а не пачки (термин, обычно используемый литологами) и по какой причине приводит два разных описания разреза (по составу пород и по составу глинистого материала), а не объединяет их вместе? Так, диссертант описывает глинисто-кремнисто-карбонатную зону как верхнюю и в этом случае не пишет про содержание в ней пирита, что является ошибочным. Ниже автор приводит описание по составу глинистого материала и в этом случае указывает, что верхняя часть является наиболее пиритовой.

6. Не упомянута природа карбонатного материала этой верхней зоны (или пачки), которая в большинстве публикаций обозначается «кокколитовой». В результате описания по зонам, а не по пачкам 4 переходная пачка, которая отличается по составу от 1-3 и 5 пачек (по Панченко и др., 2016) оказалась потерянной.

7. Описание разрезов приводится сверху вниз, что является характерным для производственных задач, но в научном плане совершенно не обосновано. Более логично

вести описание разрезов снизу-вверх от более древних к более молодым, чтобы заодно складывалась картина постепенного изменения накопления осадочного материала во времени.

8. Таким образом, часть работы, касающаяся описания литологии и стратиграфии БАК, по мнению оппонента, является наименее проработанной. Игнорирование исследований по этой теме способствовало существенному ослаблению информативной наполненности этой части диссертации и обоснованности выводов. За последние 20 лет произошли значительные продвижения по этой теме, в том числе по свидетельствам катагенетической аутигенной минерализации пород (а также касательно других особенностей состава)! К примеру, соискателем приведены ссылки на А.Н. Гробовец по радиоляриям (являющимся основным поставщиком кремнезема в БС) и совершенно не учтены работы В.С. Вишневской, которая выделила закономерности изменения их видов в разрезе этой толщи и посвятила большое количество публикаций этой теме.

9. При прочтении раздела о коллекторах БАК остается не ясным их закономерности распространения по площади и положение в разрезах.

В главе 4 рассмотрены тектоно-гидротермальные процессы в нижнемеловых отложениях. Подробно рассмотрены свидетельства и процессы преобразования пород и ОВ. Глава по объему значительно меньше предыдущих. Сделаны выводы, что в отличие от юрских отложений, в нижнемеловых породах преобладает хлорит, отсутствуют зоны осветления и окремнения, гораздо чаще встречаются редкоземельные минералы гидротермального происхождения. Они часто приурочены к зонам разуплотнения на некотором удалении от вершины – места образования крупных залежей УВ.

Замечания к главе:

1. В тексте главы есть повторения из предыдущих глав об образовании ГФ.

2. Также, как и в предыдущих главах не хватает иллюстративного доказательного материала, а также рисунков моделей преобразования вещественного состава нижнемеловых отложений.

3. По-прежнему остается не раскрытым вопрос почему соискатель все наблюдаемые изменения состава пород и образование новых аутигенных минералов относит только к действию ГФ, а не к классическому закономерному изменению состава пород, наблюдаемому по мере погружения и изменения Р-Т условий. Опять же не ясно во всех ли скважинах автор фиксирует свидетельства проявления гидротермальных процессов или им была осуществлена выборка с определенными признаками и

трещиноватостью пород? Исходя из опыта изучения баженовской свиты известно, что этими процессами затронуты лишь определенные площади.

Глава 5 посвящена рассмотрению нефтегазогенерационных свойств пород доюрского комплекса, юрских и нижненеокомских отложений Западной Сибири. В начале главы приводится описание методики расчётов нефтегазогенерационных свойств пород нефтегазоматеринских толщ (метод материального баланса с использованием пиролитических данных). Далее автором приведены примеры применения этого метода на конкретных примерах доюрского комплекса, юрских и нижнемеловых отложений. По данным М.Ю. Зубкова, разработанный им метод хорошо зарекомендовал себя на практике, к этой части работы особых замечаний нет. Полагаю, что этот вклад автора в методический инструментарий оценки нефтегенерационных свойств пород является весомым и полезным при разработке пород ЗСБ на УВ сырьё. Интересным является результат, что углистые среднеюрские отложения Уренгойского и Медвежьего месторождения генерировали в 2,5-3,5 раза больше УВ, чем баженовские породы, что объясняется присутствием низших (водорослевых или сапропелевых, вероятно, озерных) органических остатков.

Замечания к главе:

1. В этой главе не сформулированы выводы, в связи с чем не понятны конкретные результаты.
2. Как проводилась выборка разрезов для проверки метода расчетов нефтегазоматеринских свойств пород? Сколько скважин, где они расположены? Сколько всего разрезов было проанализировано этим методом и как это соотносится с определениями показателя витринита/псевдовитринита А.Н. Фомина (ИНГГ СО РАН)?
3. В частности, автор не обсуждает рассматривается ли обнаруженное им явление значительно большей генерации УВ из среднеюрских отложений в пределах Уренгойского и Медвежьего месторождений в качестве локального или масштабного?

Указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация М.Ю. Зубкова отвечает требованиям ВАК. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.6.11 – «Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

М.Ю. Зубковым внесен существенный вклад в понимание состава, строения и механизмов образования коллекторов и залежей УВ (ДК, БАК и нижнемеловых отложений) ЗСБ. В заключении приведены рекомендации по дальнейшему изучению этих отложений. Полученные результаты безусловно имеют научное и практическое значение.

Основные положения опубликованы в 26 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, соискатель Зубков Михаил Юрьевич заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.11 – «Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений».

Я, Эдер Вика Георгиевна, согласна на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Официальный оппонент:

доктор геолого-минералогических наук,
ведущий научный сотрудник ГИН РАН
Эдер Вика Георгиевна



Контактные данные:

тел. 8-952-943-48-84

e-mail: edervika@gmail.com

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация: 25.00.06 – «Литология».

