

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук Эдер Вики Георгиевны
на тему: «ЛИТОЛОГИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ БАЖЕНОВСКОЙ
СВИТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ»,
по специальности 25.00.16 – «Литология»

Актуальность работы. В связи с достижениями в технологиях освоения нетрадиционных (низкопоровых и плохопроницаемых) коллекторов в мире и в России существенно усилился исследовательский интерес к скоплениям углеводородов (УВ) в высокоуглеродистых сланцевых формациях, которые широко распространены и известны, как наиболее значимые нефтегазоматеринские в Западной Сибири (баженовская формация), Тимано-Печорской и Волго-Уральской НГП (доманиковская формация), на Северном Кавказе (хадумская формация) и на Сибирской платформе (куонамская формация).

Одним из наиболее значимых объектов научного и промышленного интереса к скоплениям углеводородов в плохопроницаемых коллекторах (в том числе, сланцевых толщах) на территории России является баженовская свита Западной Сибири, выделенная еще в 1959 г. Ф.Г. Гурари, который одним из первых сделал предположение о ее возможной нефтеносности. Сегодня не ставится под сомнение огромный углеводородный потенциал баженовской свиты, оцениваемый в 20 млрд.т. (и даже более) извлекаемых запасов нефти, при том, что вопросы локализации промышленных зон высокой концентрации УВ, наряду с поисками приемлемых технологий освоения, являются важнейшими проблемами, требующими экспериментального и теоретического развития, в том числе на базе теории нефтегазообразования. Важнейшей основой последнего в связи с этим является изучение литолого-геохимических особенностей разреза, определяемых условиями образования осадков и процессами их последующего преобразования.

С учетом того, что исследования баженовской свиты, в том числе и касающиеся вопросов, затрагиваемых и обсуждаемых в диссертационной работе Эдер В.Г., ведутся уже на протяжении более 60 лет, а усилия к их изучению прикладывали выдающиеся исследователи, в том числе и справедливо упомянутые автором, начиная от Ф.Г. Гурари, А.А. Тяна, Т.В. Дорофеевой, Н.П. Запивалова, О.Г. Зарипова, С.Г. Неручева, Ю.Н. Карогодина, Б.А. Лебедева, Г.М. Парпаровой, И.И. Нестерова, А.Э. Конторовича, Р.С. Сахибгареева, Г.П. Сверчкова, В.А. Успенского, А.А. Трофимука, А.С. Фомичева, Э.М. Халимова, М.С. Зонн, Г.Н. Перозио и других, включая современных исследователей литолого–геохимических особенностей баженовской свиты, таких как О.К. Баженова, Т.К. Баженова, М.В. Дахнова, М.Ю. Зубков, Ю.Н. Занин, А.Г. Замирайлов, А.Э. Конторович, Е.А. Костырева, Н.С. Балущкина, Г.А. Калмыков, В.Д. Немова, Е.Е. Оксенойд, И.В. Панченко, М.Ю. Спасенных и многие другие, соискатель взялся за решение, с одной стороны, довольно тривиальной задачи - систематизации многочисленных архивных данных, расширенных привлечением современных лабораторных исследований, дополненных поиском оригинальных подходов с выделением новых критериев, позволяющих подойти к детальной типизации разрезов и классификации отложений баженовской свиты по составу и свойствам, а также внести свой вклад в понимание условий их образования.

Поставленные задачи изучения вещественного состава, строения и условий формирования баженовской свиты, направленные, прежде всего, на типизацию разрезов и получение представлений о вариациях состава и условиях образования свиты в разных районах ее распространения в рамках разработки единой классификации являются весьма актуальными и отвечающими современным потребностям отрасли.

Одним из широко применяемых подходов, который можно, по мнению автора, рассматривать как эффективный в познании геологических объектов схожих с изучаемым – баженовской свитой, является сравнительный, позволяющий получить представления о наиболее идентичных и успешно

осваиваемых формациях (формации Баккен), используя последовательность в решении задач, предложенную автором исследования (с конечной целью выявления литологических особенностей, оказывающих существенное влияние на локализацию углеводородного потенциала и возможность применения современных технологий извлечения УВС). При изучении особенностей строения баженовской свиты широко применялся сравнительный анализ распределения основных породообразующих компонентов (кремнезема, глинистого материала, карбонатов, пирита, ОВ) по разрезу и по площади территории исследования.

Таким образом, обозначенная цель исследования - выявление закономерностей изменения литологических и геохимических характеристик баженовской свиты Западной Сибири, уточнение условий седиментации и постседиментационных преобразований, несмотря на кажущуюся ее банальность, безусловно, должна рассматриваться как важнейшая в современных условиях практическая цель, достижение которой позволит уточнить представления и систематизировать знания, эффективное использование которых в дальнейшем существенно конкретизирует применимость тех или иных технологий.

Достижение поставленной цели автора диссертационного исследования должно обеспечить решение таких *задач как*: – детальное изучение вещественного состава БС; - установление закономерностей строения, типизации и сравнительного анализа разрезов баженовской свиты по результатам детального послойного литологического изучения керн с учетом данных ГИС; – реконструкции обстановок осадконакопления; – поиск литолого–геохимических свидетельств концентраций аутигенных минералов на геохимических барьерах; – оценка катагенеза на основании закономерностей распределения ОВ, пирита, отношения C/S, аутигенных карбонатов и геохимических редокс–показателей (степень пиритизации, уран аутигенный, отношения Mo/Mn и др.).

Диссертационная работа базируется на весьма значительном объеме лабораторных исследований каменного материала керн баженовской свиты,

изученного комплексом литолого–геохимических методов (петрографическим, физико–химическим и др.) в рамках единого методического подхода и единой классификационной схемы, что предопределяет сопоставимость полученных результатов. Используются авторские описания керн 67 скважин (около 1500 обр.), петрографическое изучение шлифов пород (1435 шт.), определения содержания породообразующих оксидов методом рентгенофлуоресцентного анализа (РФА), форм железа и серы – химическими методами, содержание C_{org} – весовым полумикрометодом и методом пиролиза. Изучено 352 образца в сканирующем электронном микроскопе с микрозондовым спектрометром, 457 образцов на содержание редкоземельных и рассеянных элементов, в 649 образцах изучен минеральный состав был методом рентгеноструктурного анализа в проб и фракций $<0,002$ мм.

Научная новизна.

Впервые для большей части области распространения баженовской свиты на основе детального литолого-геохимического анализа установлены принципиальные отличия в составе, строении разрезов и условиях седиментации. Определены закономерности распределения пирита и органического вещества у верхней границы баженовской свиты, что рассматривается в качестве дополнительного критерия к ее выделению. Разработана методика предварительного расчленения разреза баженовской свиты на разные по вещественному составу пачки по данным рентгенофлуоресцентного анализа. Впервые выявлена приуроченность локализации к определенным интервалам (геохимическим барьерам) таких аутигенных минералов как пирит и карбонаты, расположенных у границ свиты и на границах пачек разного состава, рассмотрены механизмы процессов отложения этих минералов. Показана направленность изменения состава баженовской свиты с ростом температуры в катагенезе. Составлены пространственно-временная модель осадконакопления и модель преобразования вещественного состава баженовской свиты в ходе диа- и катагенеза.

По результатам исследований автором выдвигаются 4 защищаемых положения.

Диссертационная работа В.Г. Эдер общим объемом 358 стр. состоит из введения, пяти глав и заключения, включая 6 приложений. Список использованных источников содержит 338 наименований.

Первая глава посвящена геологической характеристике района исследований и состоит из двух разделов – стратиграфии и тектоники изучаемого интервала разреза и соответствующего структурного яруса.

К недостаткам раздела можно отнести отсутствие акцентов (или выводов), не позволяющих читателю понять, что же важного из представленного используется как основа в дальнейшей части исследования или какие имеются разногласия, влияющие на разделяемую автором точку зрения в указанных вопросах. К большинству рисунков этого раздела отсутствуют условные обозначения.

В целом, глава решает поставленную задачу, ознакомления со стратиграфическим объемом, особенностями распространения и развития территории в позднеюрско-раннемеловое время.

Вторая глава посвящена методике и описанию объемов проведенных исследований.

Безусловно, здесь следует похвалить автора за сжатое, но в тоже время эффективное изложение материала, дающего полное представления об огромном объеме проведенных лабораторных исследований и методических приемов, используемых в работе.

Необходимо отметить достижения, к числу которых относится описание применяемых классификаций и типизация пород баженовской свиты, выделенных предыдущими исследователями. В качестве небольшого замечания следует отметить, что несмотря на упоминание наиболее значимых работ и типов пород баженовской свиты за рамками этого довольно сжатого формата изложения, остались упомянутые ранее автором исследования, в т.ч. по литологии (Дорофеевой Т.В., Лебедева Б.А. и др.).

Кроме того, в разделе 2.3 было бы уместно также свести в единую таблицу (такую же как это было сделано автором по породам) типизации по литолого-геохимическим показателям, что, безусловно, довольно детально описано в тексте, доказывающем качественность выполненного автором анализа имеющихся представлений по этому вопросу.

В качестве небольшой претензии также необходимо отметить, что при изложении принятом автором и опять же отсутствующих выводах к главе и отсутствии текста - связок с последующими главами, трудно сделать вывод о вкладе автора при оценке такого важного результата как разработка схем литолого-петрографических и физико-химических исследований баженовской свиты и схем исследований по интерпретации полученных результатов литолого-петрографических и физико-химических анализов. Следовало бы указать, кем они разработаны и что внес автор и на каком основании в их уточнение.

В целом, глава 2 является важной и информативной с точки зрения получения представлений о выполненных объемах исследований, а также предложенной автором последовательности и методах изучения баженовской свиты для достижения заявленного результата.

Начиная с главы 3 (Литология баженовской свиты) в представленной работе обсуждаются полученные результаты исследования.

Глава отличается строгостью изложения, логичными переходами от описания имеющихся представлений, полученных по результатам предыдущих исследований и обсуждения отличий и нюансов типовых разрезов разных районов и зон к типизации, предложенной автором с указанием выявленных особенностей типов баженовских отложений с привязкой к конкретным районам и наиболее представительным скважинам.

К конкретным результатам, описанных в 3-ей главе, следует отнести как наиболее значимые те из них, которые определены автором как научная новизна и вынесены на защиту в первом защищаемом положении.

К числу таких относится выявление принципиальных отличий в распределении типов пород в разных районах распространения баженовской свиты. Автором сделаны выводы о различии и необходимости рассмотрения 4-х районов, отличающихся строением разрезов баженовской свиты. Так установлено, что в Центральном (Мансийская синеклиза, Хантейская гемиантеклиза) и Юго-восточном (Колтогорско-Нюрольский желоб и примыкающие к нему положительные структуры) районах широко распространены силициты и силициты керогеновые, а также микститы кероген-глинисто-кремнистые. Микститы кероген-кремнисто-карбонатные и кероген-карбонатные редко встречаются в единичных разрезах в Северном (северная часть Южно-Надымской мегамоноклизы, Большехетская мегасинеклиза) районе и присутствуют в виде редких маломощных прослоев в Юго-Восточном районе. Аргиллиты и микститы глинистые характерны, в основном, для Северного района.

К методическим достижениям исследователя следует отнести предложенный новый подход, который позволяет выполнить предварительное расчленение баженовской свиты на литологические пачки по данным рентгенофлуоресцентного анализа пород (РФА). Автором выделяются высококремнистые породы – силициты (>8), а также глинистые породы – микститы глинистые и аргиллиты (<3).

Также следует остановиться на оригинальном подходе к выделению верхней границы свиты на основе анализа содержания $ОВ$ и пирита в Центральном районе. Автором констатируется, что у верхней границы залегают пиритизированные в диа- и катагенезе породы с низкими значениями C/S (<2). Над верхней границей присутствуют пиритовые низкоуглеродистые породы с относительно низким содержанием $ОВ$ ($<5\%$) и высоким содержанием пирита (10–15%), под верхней границей – пирит-керогеновые породы с высоким (15–25%) и примерно равным содержанием $ОВ$ и пирита. Эта закономерность позволила автору уточнить положение верхней границы баженовской свиты.

На основе установленных закономерностей распределения основных типов пород выделено 14 типов разреза баженовской свиты и 4 области седиментации, которые имеют свои индивидуальные особенности.

К главе нет замечаний.

Следующая **глава 4** посвящена **условиям седиментации баженовской свиты.**

В ней приведены сравнительные характеристики условий образования черносланцевых толщ, обсуждаются особенности осадконакопления по данным изучения элементного и микроэлементного состава, включая редкоземельные элементы и, что наиболее ценно, рассматриваются пространственно-временные закономерности седиментации свиты.

К наиболее весомым достижениям, обсуждаемым в этой главе и проиллюстрированным в приложениях можно отнести:

- разработку пространственно–временной модели осадконакопления баженовской свиты, определение границ различных областей седиментации, реконструкцию соотношения биогенных и терригенных компонентов в осадках на разных этапах седиментации.

Автором сделаны выводы о том, что в Центральном районе литологическая неоднородность баженовской свиты связана, в основном, с вторичными преобразованиями пород (главным образом, карбонатизацией). В Юго–Восточном и Южном районах неоднородность состава и строения БС обусловлена, в наибольшей степени, неравномерным распределением глинистого материала по площади палеобассейна на разных этапах седиментации.

Результаты исследования, представленные в главе 4 можно рассматривать как обоснование 2-ого защищаемого положения.

Последняя - **пятая глава** посвящена условиям преобразования баженовской свиты в диа– и катагенезе.

С точки зрения оценки условий нефтегазообразования из ОВ баженовской свиты эта глава является наиболее значимой, поскольку направлена на

выявление закономерностей диа- и катагенетического минералообразования свиты.

К значимым результатам следует отнести выявление у границ баженовской свиты (на редокс-барьерах) в диа- и катагенезе интенсивной пиритизации пород за счет миграции сульфидсодержащих флюидов, диффузии H_2S и взаимодействия ее с реакционноспособным железом. Автором рассмотрены механизмы образования скоплений аутигенных минералов (пирита, карбонатов) на границах пачек разного литолого-геохимического состава, с различными окислительно-восстановительными и/или кислотно-щелочными характеристиками (на геохимических барьерах).

К вторичным процессам, происходящим на стадии катагенеза отнесены доломитизация, новообразование сульфидов железа и перераспределение продуктов преобразования органического вещества у верхней границы свиты.

Одним из достижений исследования является определение литологических критериев распознавания разрезов баженовской свиты со степенью преобразованности органического вещества, соответствующей градации мезокатагенеза МК₂. Для таких разрезов характерна высокая доля доломитсодержащих пород, пород с относительно пониженным содержанием ОВ (<15%), а в кровле свиты отсутствуют породы с высоким содержанием и ОВ и пирита (по 20–25% каждого).

В главе 5 результируются наиболее значимые достижения проведенного исследования и обосновываются 3 и 4 положения, вынесенные на защиту диссертационной работы.

Практическая значимость работы определяется возможностью использовать результаты для реконструкции механизмов формирования черносланцевых отложений в эпиконтинентальных бассейнах, оптимизации геологоразведочных работ. С остальными выводами о практической значимости, отмеченных автором в диссертационной работе и автореферате трудно согласиться или правильнее сказать трудно понять как их можно реально использовать в практической деятельности.

Переходя к оценке работы в целом отдельно также необходимо остановиться на том что автору не в полной мере удалось доказать и показать достижения в развитии теории и личного вклада в фундаментальные исследования, что, вероятно, связано с очень внимательным отношением ко всем выполненным ранее исследованиям и исследователям, желанием представить и использовать полученные ими результаты, и часто более скромной чем требовалось оценке личного вклада не только в систематизацию, но и в существенное развитие теоретических представлений о литолого-геохимических особенностях и пространственно–временных закономерностях седиментогенеза баженовской свиты.

Кроме высказанных при обсуждении отдельных глав диссертации к работе имеется ряд замечаний:

1. Наибольшее неудовлетворение у оппонента вызвала громоздкая формулировка защищаемых положений. По сути, каждое положение у автора это отдельный раздел выводов, подводящий итог той или иной части исследования с многочисленными перечислениями полученных результатов. Вероятно, из-за перегруженности достижениями и частой необходимости у автора группировать нескольких научных тезисов в одно положение не удастся выделить главного акцента в них и, в полной мере, выделить вклад автора. Хотелось бы чтобы на защите диссертации автору это удалось, подводя итоги огромного по объему и тщательного по проработке и исполнению труда.

2. Следовало бы более четко, вероятно, при оценке научной значимости отразить авторский вклад в развитие теории с точки зрения фундаментальной составляющей исследования. Автору здесь есть чем гордиться, и повторяясь на этом надо сконцентрироваться в докладе.

3. Выводы автора о доломитизации и образовании сульфидов железа на стадии катагенеза следовало бы подтвердить, поскольку по мнению, некоторых исследователей, в частности, Баженовой Т.К. в катагенезе существенное влияние оказывает только температура и активна только углекислота, которая, вероятно, и определяет доломитизацию и карбонатизацию. При влиянии гидротермальных

растворов, безусловно, возможны и пиритизация и сульфидизация, но это не имеет отношения к собственной эволюции толщи в катагенезе.

4. В диссертационной работе используется шкала катагенеза, предложенная Конторовичем А.Э. (это в целом и понятно поскольку Алексей Эмильевичу как учителю и консультанту отдается предпочтение в этой работе), но далее автор использует градации катагенеза со ссылкой на Неручева С.Г. (шкала Вассоевича Н.Б.), что вносит несмотря на небольшую разницу определенные разногласия.

Выводы и рекомендации, содержащиеся в диссертации, нашли отражение в работах и публикациях автора, опубликованные в 29 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 25.00.06, и использованы в профессиональной деятельности В.Г. Эдер, включенные в соответствующие тематические работы и научно-производственные исследования региональных геологоразведочных предприятий и частично реализованы в процессе их выполнения, а их результаты представлены в производственных отчетах; научные разработки соискателя также широко освещены в докладах автора на конференциях регионального и отраслевого уровней. Автор высказал ряд новых идей, подтвержденных ее собственными методическими и практическими разработками.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертационной работы.

Приведенные в отзыве замечания не снижают общей ценности диссертационной работы. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 25.00.06 – «Литология» (по геолого-минералогическим наукам), а также критериям, определенным п.п. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова,

