

СТЕНОГРАФИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА»

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 501.001.40
28 октября 2016 года

Повестка дня:

Защита диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-
минералогических наук

КАЛМЫКОВА ГЕОРГИЯ АЛЕКСАНДРОВИЧА

на тему

«СТРОЕНИЕ БАЖЕНОВСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО КОМПЛЕКСА КАК
ОСНОВА ПРОГНОЗА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ
НЕФТЕПРОДУКТИВНОСТИ»

Специальность: 25.00.12 – «Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых
месторождений»

Официальные оппоненты:

1. Постников Александр Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, доцент, зав.кафедрой литологии ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М.Губкина
2. Фурсов Альберт Яковлевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор центра проектирования разработки локальных изолированных объектов АО «Всероссийский нефтегазовый научно-исследовательский институт имени академика А.П.Крылова»
3. Скоробогатов Виктор Александрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник центра ресурсов и запасов углеводородов ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

Ведущая организация: Федеральное государственное унитарное научно-производственное предприятие «Геологоразведка» (ФГУНПП «Геологоразведка»).

Москва - 2016

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета Д 501.001.40 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва, 28 октября 2016г.

И.о. председателя диссертационного совета – доктор геолого-минералогических наук, профессор Конюхов Александр Иванович.

Ученый секретарь совета – кандидат геолого-минералогических наук, снс Полудеткина Елена Николаевна.

Состав диссертационного совета был утвержден в количестве 21 человек. Присутствовало на заседании 17 членов совета, из них докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации – 9 человек.

| | |
|-------------------------------------|--------------------|
| 1. Конюхов Александр Иванович | Д.г.-м.н. 25.00.12 |
| 2. Сорокин Валентин Михайлович | Д.г.-м.н. 25.00.06 |
| 3. Полудеткина Елена Николаевна | К.г.-м.н. 25.00.12 |
| 4. Авдонин Виктор Васильевич | Д.г.-м.н. 25.00.06 |
| 5. Алексеев Александр Сергеевич | Д.г.-м.н. 25.00.06 |
| 6. Вялов Владимир Ильич | Д.г.-м.н. 25.00.12 |
| 7. Ермолкин Виктор Иванович | Д.г.-м.н. 25.00.12 |
| 8. Жемчугова Валентина Алексеевна | Д.г.-м.н. 25.00.12 |
| 9. Карнюшина Евгения Емельяновна | Д.г.-м.н. 25.00.12 |
| 10. Касьянова Наталья Александровна | Д.г.-м.н. 25.00.12 |
| 11. Кузнецов Виталий Германович | Д.г.-м.н. 25.00.06 |
| 12. Куприн Павел Николаевич | Д.г.-м.н. 25.00.12 |
| 13. Малышев Николай Александрович | Д.г.-м.н. 25.00.12 |
| 14. Полянский Борис Владимирович | Д.г.-м.н. 25.00.06 |
| 15. Ростовцева Юлиана Валерьевна | Д.г.-м.н. 25.00.06 |
| 16. Ступакова Антонина Васильевна | Д.г.-м.н. 25.00.12 |
| 17. Холодов Владимир Николаевич | Д.г.-м.н. 25.00.06 |

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Добрый день. Мы можем приступить к нашему заседанию. Хочу предварить изложение диссертации несколькими вступительными словами по поводу тематики работы. Мы с вами являемся свидетелями так называемой сланцевой революции, которая началась в Соединенных Штатах и привела к глубокому перераспределению ресурсов углеводородов между основными нефтедобывающими странами. Одна из этих так называемых сланцевых формаций, хотя она вовсе не сланцевая - это баженовская свита. Она является богатейшей кладовой углеводородов на Земном шаре, одной из богатейших, хотя бы потому, что занимает площадь больше миллиона квадратных километров в Западной Сибири, что, примерно, является 1/55 всей поверхности Земли. Можете представить себе размах. Ну и, естественно, наша страна должна двигаться в направлении новых технологий, таких как освоение этих новых для нас ресурсов. Они раньше у нас никак не были предметом большого пристального внимания. Теперь ситуация резко меняется. И вот диссертация, которую мы сегодня заслушаем, представленная на наш совет на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.12 - геология поиск и разведка нефтяных и газовых месторождений, автор диссертации Георгий Александрович Калмыков, освещает подход к оценке углеводородных ресурсов баженовской свиты и пути их освоения, что позволит нашей стране в течение многих десятилетий оставаться среди лидеров нефтяной индустрии. Теперь передаю слово нашему ученому секретарю, который познакомит вас с данными о диссертанте.

Полудеткина Е.Н. – ученый секретарь совета.

Оглашает материалы личного дела соискателя и отмечает, что все материалы личного дела и документы предварительной экспертизы соответствуют требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Есть ли вопросы к Учёному секретарю? Нет вопросов. Тогда слово предоставляется соискателю Калмыкову Георгию Александровичу для изложения основных положений диссертации.

Калмыков Г.А. – соискатель.

Добрый день, уважаемые члены диссертационного совета, добрый день, уважаемые коллеги. Спасибо вам большое, что пришли на защиту диссертации. Разрешите предоставить доклад на тему «Строение баженовского нефтегазоносного комплекса как основа дифференцированной нефтепродуктивности».

Сланцевые отложения являются сейчас одними из наиболее перспективных объектов при поиске и добычи нефти. В 2013 году американские исследователи оценили ресурсный потенциал сланцевых отложений и пришли к выводу, что по запасам на первом месте в мире находится Россия. Запасы сланцевых углеводородов в России составляют 75,8 млрд. баррелей. И хотя не были указаны способы добычи этих углеводородов, считается, что именно в России наибольшие перспективы добычи сланцевой нефти. Самые большие ресурсы сланцевой нефти сосредоточены именно в баженовской свите.

Сланцевой нефтью в России занимаются с 1965 года. С того момента, как Ф.Г. Гурари выделил баженовскую свиту как отдельный геологический объект, практически все российские геологи-нефтяники посвятили свои исследования баженовской свите. Наиболее значимые работы принадлежат Ф.Г. Гурари, А.Э. Конторовичу, В.А. Захарову и многим другим. Некоторые из присутствующих в аудитории занимаются баженовской свитой несколько десятков лет. В 1985 появились первые работы. В связи с успехами американских геологов по добыче сланцевой нефти интерес к баженовской свите продолжает расти и сегодня.

Диссертант начал заниматься баженовской свитой 20 лет назад. В 1996 году был подготовлен первый отчет для Сургутнефтегаза по баженовской свите. За все время работы под руководством диссертанта или им лично было исследовано более 30-ти разрезов скважин. В исследованных разрезах вынос керн от 80 до 100%. На карте показаны точки расположения скважин, вскрывших исследованные разрезы. Они охватывают практически все районы, в которых баженовская свита является наиболее перспективной. Объект моего интереса - это бортовые зоны Фроловской мегавпадины. Именно в этой зоне

сосредоточены основные запасы нефти в баженовской свите, которые сегодня стоят на балансе в ГКЗ.

Уникальность баженовского нефтегазоносного комплекса состоит в принципиально отличном от других отложений Западной Сибири составе пород, большое количество органического вещества. Мы исследовали отложения, в которых концентрация органического вещества доходит до 27%. И это еще не сапропелит, который обладает еще большим содержанием органического вещества. Принципиально важно наличие керогена, нерастворимого органического вещества, сорбированных углеводородных соединений, которые будут выделяться из пород в лаборатории и будут называться битумоидами согласно определению, данному Н.Б. Вассоевичем, и свободной нефти, заполняющей поровое пространство. В баженовской свите и процессы нефтеобразования, и формирование резервуара происходит в одной толще мощностью 35-49 метров в «нормальных» разрезах. Мы имеем аномальный нефтегазоносный комплекс, притоки нефти из которого доходили до 720 тонн в сутки. К изучению разреза необходим новый принципиальный подход.

Цель моей работы: разработка комплексного подхода к изучению баженовской свиты для получения свойств и параметров элементов нефтегазоносного комплекса, необходимых для прогноза дифференциальной нефтепродуктивности. Под дифференциальной продуктивностью подразумевается 2 направления. Первое - это дифференциация по типу углеводородных флюидов, содержащихся в породах. Из баженовской свиты можно получить свободную подвижную нефть, отделить сорбированные углеводородные соединения или провести деструкцию керогена с целью получения «синтетической» нефти. Вторая дифференциация связана с тем, что каждая нефтесодержащая компонента распределена по площади неравномерно и требует отдельного прогноза распространения и планирования разработки. Для разработки такой технологии необходимо рассмотреть последовательность исследования. Прежде всего, необходимо проводить анализ данных сейсморазведки, опытно-промышленной эксплуатации и испытаний. На слайде

продемонстрировано поведение структуры баженоской свиты и неравномерное распределение накопленной добычи по площади одного из месторождений. Если разделить месторождение на зоны по определенным характеристикам, то можно ранжировать территорию по перспективам добычи углеводородов из отложений баженовской свиты. Сведя их вместе, мы получаем зоны с искомой различной накопленной добычей баженовской нефти.

Следующий этап - это бурение опорных скважин. Из опорных скважин разных зон необходимо проводить исследования каменного материала и делать это так, чтобы характеризовать керном не только баженовскую свиту, но и вмещающие отложения и поднимать керн с 100%-ым выносом и проводить на нем специальные исследования. Образцы для исследования необходимо готовить определенным образом. Они должны быть разделены так, чтобы все исследования проводились на одном и том же образце. Образец должен быть выбурен, его необходимо подготовить, и каждый образец для различных исследований должен быть с одной точки глубины. Комплекс исследований должен позволять охарактеризовать объем порового пространства, в котором может быть подвижная нефть, определять минеральный состав, структуру порового пространства и проводить совместную интерпретацию полученных данных для полной характеристики породы. Сначала строятся линейные характеристики пород по разрезу, а потом распространяются на площадь. При интерпретации комплекса ГИС требуется расширенный набор методов, прежде всего это ядерно-магнитный каротаж, исследования минерального состава с обязательным определением содержания керогена. Настраивая систему на расширенный комплекс необходимо подготовить систему интерпретации стандартного комплекса ГИС, который проводится практически во всех скважинах. Результаты интерпретации расширенного комплекса и полученные характеристики состава и порового пространства можно перенести на пропластки, определяемые по некоторым методам стандартного каротажа. Это методы: гамма-каротаж, нейтронный каротаж, боковой каротаж. При этом строится система литофизического расчленения разреза. Это расчленение можно осуществлять по большому количеству скважин. Следующий этап

исследований – это распространение на площадь выделенных литофизических типов, определение пористость, в которой содержится подвижная нефть. Диссертант в баженовской свите такую пористость называет динамической. Далее строятся трехмерные модели и карты плотности ресурсов по площади, которые позволяют выделить зоны, наиболее перспективные для добычи подвижной нефти.

Таким образом, обосновано первое защищаемое положение:

Обоснование объемов потенциально извлекаемых углеводородных соединений высокоуглеродистых отложений БС возможно только при комплексировании стандартных и специально разработанных литологических, петрофизических и геохимических исследований колонок керна, стандартных и специальных геофизических исследований скважин, позволяющих создавать флюидодинамическую модель порового пространства и оценивать остаточный нефтегенерационный потенциал.

При исследовании баженовской свиты возможно использовать положительные результаты, полученные при изучении сланцевых формаций американскими исследователями, прежде всего в Америке и Канаде. При этом необходимо четко понимать, что баженовские осадки накапливались в принципиально другой фациальной зоне. В отличие от формаций Игл Форд, Барнетт и других, зона накопления баженовской свиты - это дистальная зона осадочного бассейна, где диагенез и биогенез приобретают наибольшее значение.

Как известно, минеральный состав пород баженовской свиты представлен минералами группы кремнезема (опал, кристобалит, халцедон, кварц) альбит, глинистые минералы, карбонатные минералы, пирит, апатит. Органическое вещество представлено керогеном, сорбированными углеводородными соединениями и нефтью. Породы баженовской свиты необходимо относить к керогенсодержащим силицитам. Этот термин был предложен Теодоровичем, и в настоящее время активно используется. Существует много методик, которые позволяют определять нормативное содержание минералов и неминеральных компонент в породах. Автором предлагается методика, которая позволяет

рассчитывать массовые и объемные концентрации минералов, органического вещества с точностью до 5% абсолютных и нефти с точностью до 2% абсолютных. Предлагаемая методика возможно, является переходным этапом от исследований на каменном материале к исследованиям в скважинах и интерпретации данных литологического каротажа.

Для расчетов минерально-компонентной модели в методике используются результаты рентгено-фазового анализа, рентгено-флюоресцентного анализа, пиролитических исследований, описаний шлифов и аншлифов под сканирующим электронным микроскопом, выделение керогена и определение его элементного состава.

В основе методики лежит система, которая позволяет на основании элементного состава рассчитывать основные породообразующие минералы и неминеральные компоненты.

На слайде представлена система, которая позволяет решить эту задачу.

В результате получена, что объемная модель пород баженовской свиты включает минералы кремнезема, полевой шпат, альбит, пирит, кальцит, глинистые минералы. Для номенклатуры пород предлагается система нормативного тетраэдра. Результаты расчетов позволяют строить объемную минерально-компонентную модель пород для всего разреза. Минерально-компонентный состав позволяет выделять группы литотипов пород с различной сорбционной активностью, различным соотношением сорбированных углеводородных соединений и свободной нефти, различными упруго-прочностными свойствами.

Предложенный метод определения состава пород позволяет универсально подходить к зонированию территории по распределению определенных литотипов и переходить к литофизической типизации на большом числе скважин. Несмотря на полученные различия в составе пород, в частности, в составе глинистых минералов, можно проводить определенные сопоставления.

Таким образом, предложена и обоснована методика расчета минерально-компонентного состава пород высокоуглеродистой формации с повышенным содержанием рентгено-аморфных минералов.

После того, как было охарактеризовано распределение компонентов по разрезу и латерали, проводится определение порового пространства.

Так как появилась возможность исследовать керн со 1000-ым выносом, так как при подъеме керна стали использоваться пластиковые трубы, которые позволяют сохранить последовательность керна и осуществлять полный вынос керна, то стало возможным изучать весь разрез и определять тип порового коллекторов в баженовской свите. Положительный эффект в этом направлении оказало появление специальной техники. Фокусированный ионный пучок для травления образца и исследования его под сканирующим электронным микроскопом, позволяет детально изучать поровое пространство с точностью до 10 микрон и меньше. Поры размером меньше 1 микрона можно сегодня не только увидеть, но и измерить. Это принципиально новый шаг. В связи с этим, так как при в распоряжении автора было 7 скважин со 100%-ым выносом керна, три из них дали приток, приток одной из них составлял 600 тонн в сутки, стало возможным изучить поровое пространство и определить коллектор в отложениях. Первый тип- порово-микрокаверновый. Этот коллектор получается при растворении скелетов радиолярий, в результате чего появляются микрокаверны, которые образуют поровое пространство. Пористость таких пород в баженовской свите достигает до 15%. Второй тип- порово-межкристаллический тип. Емкостное пространство определяется порами между кристаллами и агрегатами. На серии фото на слайде видно, как аморфный кремнезем постепенно переходит в халцедон и в дальнейшем при перекристаллизации образует кварцевые щетки. Поровое пространство достигает до 5% до экстракции образца. Следующий тип порового пространства нам повезло увидеть в 2009 году с опозданием на год по сравнению с американскими публикациями, - это поры в керогене. На высокой стадии катагенеза кероген начинает отдавать углеводороды, и можно видеть, что внутри керогена появляется поровое пространство. На слайде приведены специальные фотографии, сделанные под растровым электронным микроскопом, где показаны результаты сканирования образца по составу. Видно, что наблюдаемые поры связаны именно с керогеном (углерода около

60%), ни кальция, ни магния в образце нет, то есть поры не связаны с карбонатами. Следующая система порового пространства развита в трещинно-кавернозных породах. Прежде всего, эти породы расположены в пласте КС. Первым этот пласт описывал Белкин. Как известно, он всегда носил образцы пород с собой и демонстрировал образцы в разных организациях, показывая поры. Пример трещинно-каверновых пород приведен на слайде. Мы использовали макротомограф, что позволило определить, что пористость в этом пласте КС достигает 8%. Естественно, возникает вопрос о происхождении трещин и каверн. В распоряжении автора есть результаты изотопных исследований, изучения газо-жидкостных включений. Удалось установить, что матрица пласта КС представлена карбонатами, образованными в результате деятельности метанотрофных бактерий. Подтверждающие результаты изотопии приведены на слайде. Трещины образовывались при более высокой температуры, что подтверждают газо-жидкостные включения, наблюдаемые здесь.

Получается, что при первичном отложении осадка бажендовской свиты пор практически не было, исходно был кремнистый ил. Затем начинаются процессы преобразования, причем эти преобразования могли происходить даже в процессе осадконакопления. На слайде на сейсмическом профиле приведены разломы и показаны мощности, которые на сводовой части меньше, чем на склоновой части, также в породах есть отложения жильного кальцита с температурой образования 200⁰С.

Таким образом, обосновано третье защищаемое положение: Емкостное пространство пород БС определяется соотношением пустот растворения (микрокаверны), перекристаллизации (межкристаллические, межагрегатные пространства), пор в керогене, трещин и микротрещин. Соотношение типов пустот в объеме породы определяется литологическим составом и ее катагенетической преобразованностью, в которой особую роль играет тектоно-гидротермальная проработка.

После определения структуры порового пространства проводится ее увязка с разрезом с целью выяснения, весь ли разрез одинаков по

характеристикам порового пространства, или же оно развивалось в определенных интервалах разреза. На первом этапе была решена задача проведения стратиграфических границ. Вишневской В.С. был проведен радиоляриевый анализ, Панченко И. и Барабошкин Е.Ю. провели исследования аммонитов и двустворок. В результате было установлено, что баженовскую свиту можно четко разделить на две части, а также выявить определенные закономерности в ее развитии. Увеличение глубины и максимальная глубина баженовского бассейна приходится на середину разреза. Уменьшение глубины происходит к моменту начала работы неокомских клиноформ. Используя минерально-компонентную модель, ранее доложенную, можно установить состав пород в каждой точке разреза и проследить его изменения в разрезе. Было установлено в породах высокое содержание органического вещества, которое характеризуется аномальными физическими свойствами. Поэтому по геофизическим кривым гамма-каротажа, нейтронного и бокового каротажа возможно выделять баженовскую свиту и разделять ее на две части. Подошва баженовской свиты выделяется по повышению гамма-поля и повышению сопротивления. Кровля выделяется аналогично, но здесь основным методом является сопротивление. Разделение свиты на две части позволяет определять момент максимального погружения. Именно в этот момент в бассейне развивались радиолярии рода *Parvisingula Jonesi*, которые представляют большой интерес точки зрения развития вторичных коллекторов. При схематичном рассмотрении строения разреза получается следующее: высокое содержание глинистых минералов во вмещающих отложениях, в баженовской свите не более 30%, биогенный кремнезем и органическое вещество характеризуются повышенным содержанием в баженовской свите. Содержание органического вещества и нефтегенерационный потенциал пород выше в верхней части разреза. В переходной нижней зоне развит третий тип керогена, выше по разрезу второй тип керогена.

Следующий этап - это определение фациальных условий осадконакопления баженовских осадков. Для этого, прежде всего, используется каротаж, наиболее значимым является гамма-поле, которое позволяет

отслеживать глубину бассейна и определять количество органического вещества. В результате установлено, что в погруженных частях бассейна накапливалось большее количество органического вещества.

В баженовской свите все породы обладают определенным объемом порового пространства. Однако этот объем порового пространства изменяется от 0 до 15%. Это максимальное значение, которое было получено при исследованиях. Важно, что пористость необходимо измерять до проведения экстракции. Можно видеть, что при пористости до 3% до экстракции породы практически не будут отдавать нефть, при пористости более 3% фиксируется повышенная нефтеотдача. Коллектора с повышенной нефтеотдачей сосредоточены в зоне перехода нижней части разреза в верхнюю. Они представлены радиоляритами в нижней части разреза и керогенонасыщенными породами в верхней части разреза, где стадия катагенеза составляет МК3-МК4. Остальная часть разреза включает технически стимулируемые коллектора, так как при практически полном отсутствии пористости после проведения ГРП приток получается из всего разреза. Однако количество получаемой нефти весьма незначительно. Таким образом, естественные и технически стимулируемые коллекторы распределены в разрезе определенным образом. Естественные коллектора сосредоточены в нескольких литотипах и приурочены к границе раздела верхней и нижней частей разреза. На самой границе наиболее насыщенные керогеном породы с низкой пористостью будут относиться к технически стимулируемым коллекторам, а породы с высокими фильтрационно-емкостными свойствами будут относиться к естественным коллекторам. Наличие естественных коллекторов стимулирует генерацию нефти в тех породах, которые в большей степени относятся к нефтематеринским, нежели сами естественные коллекторы. В результате автором получена и сформулирована модель порового пространства. Модель порового пространства включает открытую пористость, в которой есть поры, занятые подвижным флюидом (она называется динамической пористостью), закрытую пористость, воду, сорбированную на поверхности глин и воду капилляров. В открытой пористости кроме подвижной нефти есть углеводороды, сорбированные на

поверхности. В породах пористость, измеренная после экстракции, будет совпадать с пористостью, измеренной до экстракции, плюс то количество битумоидов, которое было выделено из пород в процессе экстракции. Для расчета свободной нефти необходима динамическая пористость, которую предлагается измерять газовольнометрическим методом до экстракции, количество сорбированных углеводородов лучше всего измерять с помощью пиролиза. Для этого предлагается использовать сумму пика S1 и разницу в пиках S2, измеренных до и после экстракции. Количество сорбированной воды определяется с помощью аппарата Загса и с помощью дериватографии.

Таким образом, четвертое защищаемое положение: установлены закономерности строения разрезов и их изменчивости по латерали. В разрезе баженовской свиты выделяются нижний и верхний разделы. Нижний раздел, в котором чаще встречаются естественные коллекторы, соответствует увеличению глубины бассейна. Верхний раздел, содержащий более высокое количество керогена и в котором преобладают технически стимулируемые коллекторы, соответствует этапу уменьшения глубины бассейна. По латерали отложения с наибольшим содержанием керогена приурочены к относительно более глубоководным зонам осадконакопления.

Определив положение в разрезе естественных коллекторов, являющихся источником наибольших притоков подвижной нефти, необходимо выработать критерии их поиска на площади. Разделим отдельно критерии для двух основных типов коллекторов: порово-микрокаверновый и микропоровый в керогене. Для порово-микрокавернового коллектора в радиоляритах межскважинная корреляция показала, что порово-микрокаверновый коллектор, который связан с растворением радиолярий, появляется на сводовых частях. Для поиска коллектора микропорового в керогене необходимо оценить стадию катагенеза. На слайде представлена карта, демонстрирующая, что максимальная стадия катагенеза на изучаемой территории характерна для Салымского мегавала. Следующий этап при разработке критериев поиска коллекторов - это необходимость ранжирования площади по каким-либо критериям. Ранжирование возможно по условиям осадконакопления, которое можно

провести по типам кривых гамма-каротажа, по структурному фактору кровли баженовской свиты, по пластовой температуре и удельному электрическому сопротивлению. Получается, что, например, на участке Салым Ю0 можно выделить сводовые и наиболее погруженные части. В этом случае центральная зона является наименее перспективной по добыче нефти, периферийная зона является наиболее перспективной по добыче нефти. На слайде приведены данные по накопленной добыче. В наиболее перспективной зоне накопленная добыча составляет 813 тыс. тонн, в наименее перспективной 20 тыс. тонн. Обобщая такую схему исследований необходимо указать, что поровые радиоляриты будут наиболее перспективны в сводовых частях. По накопленной добыче лидером является Салымское месторождение и в нем наиболее перспективные зоны находятся вокруг приподнятой зоны. Приподнятая зона, по данным Суркова, представлена гранитным батолитом.

Защищаемое положение 5. Поиск зон распространения естественных коллекторов должен быть основан на выявлении следующих закономерностей:

А. Зон распространения пористых радиоляритов, приуроченных к сводовым частям локальных поднятий (II, III порядок тектонических структур) и перегибам структурных элементов I ранга;

Б. Зон с повышенной стадией катагенеза (МКЗ-4). Исключением являются зоны, где непосредственно выше и ниже отложений баженовской свиты присутствуют дренирующие ее коллекторы.

Обсудив поиск перспективных зон необходимо обсудить количество углеводородов которое можно получить в виде подвижной нефти, для чего предлагается использовать параметр динамической пористости, высвобождаемой нефти, представленной углеводородными соединениями, сорбированными на поверхности твердой фазы, и так называемой «синтетической нефти», которую можно получить при реализации остаточного нефтегенерационного потенциала.

Но если вопросов с получением подвижной нефти не так много, хотя они, конечно же, остались и будут развиваться, вопросом количества сорбированных активно занимается наша кафедра и это тоже ясный момент, то остается

наиболее интересный вопрос «синтетической» нефти. Под «синтетической» нефтью понимается та нефть, которая получается при деструкции керогена. Это принципиально важно.

На слайдах приведены результаты экспериментов при воздействии высокотемпературных (3000С) гидротерм на образцы пород баженовской свиты. Можно видеть, что влияние температурных факторов и воды разное. Здесь представлен пример с образцом породы со стадии ПКЗ, который исследовался 10 часов при разных температурах. Следующий фактор - это влияние времени на количество синтезированной нефти. Можно видеть, что максимальный выход наблюдается при времени 96 часов. При этом времени. Этот выход- примерно 6% от ТОС может выйти в виде «синтетической» нефти. Если рассматривать исходные данные по содержанию ТОС как 11% массовых, то 6% массовых будет составлять 0,5% или 1,5 % объемных. То есть 1,5% «синтетической» нефти можно получить из керогена при воздействии на него высокотемпературной воды. Есть определенное количество экспериментов, доказывающих, что речь идет именно о «синтетической» нефти, которая отличается и от подвижной нефти, и от хлороформенного экстракта, что доказывает возможность реализации части остаточного генерационного потенциала в качестве «синтетической» нефти.

Следующим этапом необходимо подсчитывать общее количество углеводородных соединений, которые можно получить из пород. Если речь идет о подвижной нефти и притоки ее получают в процессе эксплуатации, то это запасы нефти. Если речь идет о сорбированных углеводородных соединениях и нефтегенерационном потенциале, то это ресурсы. Возможно необходимо ввести другой тип ресурсной базы для таких случаев. Американские геологи планируют начать разрабатывать синтетическую нефть в 2018 году, сейчас ведутся натурные эксперименты. В нашей аудитории присутствует г-н Боксерман, который проводит такие эксперименты в компании РИТЭК, и определенные успехи по получению «синтетической» нефти в компании уже были получены.

В зависимости от стадий катагенеза, соотношение трех типов объемов углеводородов различно. На стадии МК3-МК4 высоко количество подвижной нефти, на низких стадиях ее меньше. Сорбированных углеводородов на стадиях МК3-МК4 меньше, на стадиях МК1-МК2 больше. Нефтегенерационный потенциал на низких стадиях катагенеза гораздо выше, чем на высоких. На слайде представлены карты для Салымского района. Карта суммарных линейных запасов показывает наибольшее скопление подвижной нефти в районе Салымского участка. Линейные ресурсы высвобождаемой нефти увеличиваются по периферии района. Линейные ресурсы остаточного генерационного потенциала максимальны в одной зоне.

На участке Елизаровского прогиба соотношение ресурсов и запасов более наглядно. На этом участке на поднятиях развиты поровые радиолярнты. Запасы в них составляют порядка 15 млн. тонн. В соседней зоне 9 млн. тонн. Однако мощность радиолярнтов в разрезе 1,2 м, мощность всего разреза 23 метра. Значит дополнительные объемы нефти которые можно добыть, составляют 643млн сорбированной нефти и 661 млн тонн «синтетической» нефти.

Таким образом, защищаемое положение б:

Баженовская свита содержит в себе значимые объемы УВС, которые при оценке ресурсной базы БС можно отнести к трем типам:

- запасы подвижной нефти, занимающие объем динамической пористости, извлекаемые из порового пространства пласта при существующих технологиях разработки сложных коллекторов (прежде всего, гидроразрыв пласта);
- ресурсы (объемы) дополнительно высвобождающейся нефти, получаемые после проведения специальных технологических мероприятий, позволяющих проводить десорбцию УВС;
- объемы «синтетической» нефти, которые можно извлечь в результате технической реализации остаточного нефтегенерационного потенциала керогена.

Заканчивая доклад, хотел бы остановиться на научной новизне.

1. Обосновано, что БС является непрерывным резервуаром, в котором закономерно чередуются следующие элементы: естественные коллекторы,

технически стимулируемые коллекторы (ТСК), флюидоупоры. Указанные элементы характеризуются определенными диапазонами изменений петрофизических, геохимических и литологических параметров. Все породы БС (за исключением апорадиоляриевых карбонатов) являются нефтегазоматеринскими отложениями и из них можно извлекать свободную нефть, сорбированные УВС и «синтетическую» нефть.

2. Выделены порово-микрокаверновый, порово-микротрещинный, микропоровый и трещинно-каверновый типы пустотного пространства пород, слагающих элементы баженовского нефтегазоносного комплекса (БНГК), определены их генезис и параметры.

3. Разработана флюидодинамическая модель БНГК, включающая:
свободные подвижные углеводородные соединения сообщающихся пор, занимающие объём динамической пустотности;
свободные неподвижные углеводородные соединения замкнутых пор и сообщающихся пор, запечатанных смолисто-асфальтовыми компонентами;
углеводородные соединения, сорбированные (физически связанные) на поверхности сообщающихся и замкнутых пор;

воду, физически связанную с поверхностью глинистых минералов;
воду капилляров с гидрофильной поверхностью.

4. Выявлены закономерности пространственного распространения типов разреза БНГК, определяемые структурно-фациальной зональностью, направленностью процессов литогенеза и стадией катагенетической преобразованности.

5. Научно обоснованы принципы дифференциации объемов углеводородных соединений БНГК по механизму извлечения на подвижную нефть, дополнительно высвобождаемую нефть и «синтетическую» нефть.

6. Впервые на основании данных специальных исследований керна и интерпретации ГИС проведено ранжирование исследованных территорий по объему подвижной нефти, дополнительно высвобождаемой нефти и «синтетической» нефти.

Спасибо за внимание.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Мы переходим к вопросам и ответам на них. Коллеги, кто желает задать вопросы соискателю? Только называйте свою фамилию и организацию.

Ермолкин В. И. РГУ нефти и газа имени Губкина.

Обоснование объемов потенциально извлекаемых углеводородов для любых отложений возможно только при комплексировании и стандартных и специально разработанных исследования. Но комплексировать нужно всегда. Вы разработали новые методики. Их надо защищать. Так что Вы защищаете в первом защищаемом положении?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Исследованием занималось большое количество геологов-нефтяников. Каждый специалист, занимавшийся изучением отложений баженовской свиты, предлагал свою схему исследований под конкретную задачу, использовал методики, которыми располагал. Например, коэффициент пористости до сих пор некоторыми аналитиками измеряется после экстракции образцов. Часть исследователей занималось условиями образования отложений без анализа их фильтрационно-емкостных свойств. При этом разные специалисты использовали для названия одного и того же параметра различные термины. В результате эти исследования невозможно соединить в единое целое для анализа строения баженовской свиты по всей территории ее распространения. Автором разработаны новые методики, которые позволяют получать корректные характеристики. Например, методика расчета минерально-компонентного состава пород. Но главным в работе, на взгляд автора, является предлагаемая, научно-обоснованная комплексная система, которую можно использовать в любой зоне распространения баженовской свиты. Она заключается в наборе конкретных исследований, указаниях как их нужно проводить и как интерпретировать полученные результаты.

Ермолкин В. И. РГУ нефти и газа имени Губкина.

Баженовская свита – это вся территория Западной Сибири или какой-то район.

Калмыков Г.А. – соискатель.

БС – только центральная часть. Наиболее погруженная часть баженовского палеобассейна. Периферийная часть входит в состав баженовского горизонта.

Ермолкин В. И. РГУ нефти и газа имени Губкина.

Уточните пожалуйста количественные показатели, полученные в результате Ваших исследований. Я согласен, что Вы разделяете подвижную нефть и сорбированные углеводородные соединения. Но что получит страна в результате Ваших исследований?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Страна получит более реальные оценки ресурсной базы баженовской свиты. В настоящее время эти оценки изменяются от 650 млн тонн, стоящих на государственном балансе до 1 трлн. тонн (согласно оценкам Сонича). При этом разные исследователи относят к ресурсной базе разные типы углеводородных соединений. Приведу несколько примеров. По Елизаровскому прогибу наши расчеты подвижной нефти в радиоляритах составили 15 млн тонн. Специалисты Лукойл-Инжиниринга, базируясь на наших результатах изучения строения баженовской свиты в Елизаровском прогибе получили аналогичные оценки для геологических запасов подвижной нефти. Для Салымского участка: по центральной зоне наши оценки объемов подвижной нефти превышают, те что стоят на государственном балансе на 65 %. А при анализе окружающей территории количество подвижной нефти, которую можно добыть упало в 2 раз. Экономическая эффективность добычи подвижной нефти на этих окружающих участках при современной цене на нефть сомнительна.

Куприн П.Н.

Что за море было? Какое оно было? Открытое в океан, закрытое?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Эпиконтинентальный морской бассейн.

Куприн П.Н.

Три этажа углеводородных соединений: нефть, хлороформенная экстракция, синтезированная нефть. В работе приведены результаты анализов

только по бензиновой фракции. Являются ли эти подсчеты для всей баженовской свиты или только для зоны исследований?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Расчеты, приведенные в работе обоснованы исследованиями кернового материала из изученной автором зоны, но распространены на прилегающие территории, для которых у автора были данные геофизических исследований. Результаты же анализов бензиновой фракции, приведенные в работе, относятся только к «синтетической» нефти.

Куприн П.Н.

Что было положено в основу разделения разрезов скважин по количеству «живой» нефти?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Данные о динамической пористости, которые использовались мною в качестве петрофизической основы для интерпретации расширенного комплекса геофизических исследований и работ на скважине (ГИРС). Кроме того, в отложениях баженовского горизонта выполнен каротаж около 200 скважин методом ЯМК, позволяющего определять содержание свободной нефти. Результаты расширенного комплекса ГИРС были использованы для создания системы интерпретации ограниченного комплекса ГИРС, который использовался для скважин, пробуренных на более глубокие горизонты.

Куприн П.Н.

Были ли результаты представлены на техническом совете ГКЗ?

Калмыков Г.А. – соискатель.

На основании полученных под моим руководством результатов совместно со специалистами ЦГЭ был проведен подсчет запасов и объемов технически извлекаемой нефти Салымского региона территории работ «Юганскнефтегаз»; (29 сентября 2014 г. на ЭТС ФБУ «ГКЗ» подход для подсчёта запасов, разработанный с участием специалистов МГУ был принят как основной для определения подсчётных параметров для месторождений Салымской группы; 20

сентября 2015 г. по данной методике на баланс «Юганскнефтегаз» были поставлены запасы Малобалыкского месторождения (протокол «ГКЗ Роснедра» №4320)), подход к петрофизическим исследованиям и подсчету ресурсного потенциала БС, изложенный автором, был поддержан на научно-методическом совете ГГТ Минприроды России (3-4 декабря 2015г 92-я сессия).

Касьянова Н.А., РГУ им.Губкина

Какая решена проблема?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Оценка перспектив нефтености собственно баженовской свиты.

Касьянова Н.А.

Емкостное пространство пород определяется тектоно-гидротермальной проработкой. Полоса продуктивности в районе Салымского мегавала совпадает с зоной трещиноватости. Почему не рекомендуете исследование зон повышенной трещиноватости?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Согласно предложенной технологии сначала проводится ранжирование изучаемой территории по перспективам добычи нефти. На следующем этапе каждую зону необходимо детально исследовать. Одним из приоритетных направлений является сейсмическая разведка. Сейсмические данные позволяют выявлять зоны трещиноватости. Зона трещиноватости, построенная фирмой Шлюмберже для Салымского мегавала не совпадает с зоной из которой были получены основные объемы нефти из баженовской свиты. На другом примере - Елизаровский прогиб – зона трещиноватости является основной где были получены промышленные притоки. На месторождении в Елизаровском прогибе пробурена горизонтальная скважина, которая пересекла зону вертикального разлома, выделенную по методике дуплексной миграции. Эта скважина после гидроразрыва дала 170 тонн нефти. Таким образом, зону трещиноватости исследовать необходимо.

Жемчугова В.А.

Согласно работе автора на распределение коллекторов влияет морфологическая характеристика. Этот вывод должен быть сделан на основании статистических данных. Сколько залежей было проанализировано?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Для анализа использовались результаты детальных исследований керна 35 скважин, и результаты исследований комплексов ГИРС по более чем 500 скважинам. 2-Д сейсмопрофили, проходящие через основные месторождения подвижной нефти в отложениях баженовской свиты. Детально были проанализированы 7 залежей в структурах второго порядка.

Холодов В.Н., ГИН

Воспроизводимость Ваших экспериментов. Как проверялась и какова сходимость?

Калмыков Г.А. – соискатель

Как и положено мы повторяем измерения на 10% образцов. Расхождение составляет не более 3÷5 % относительных в зависимости от измеряемых параметров. Моя методика была передана в тюменский научный нефтяной центр. Были проведены параллельные исследования. В результате проведенных сопоставлений было выявлено, что расхождение одинаковых параметров составило менее 10% относительных.

Холодов В.Н.

Обсуждая баженовскую свиту необходимо ввести ограничения по времени и пространству. Наверно можно говорить о центральной части. Площадь палеобассейна грандиозна, при этом специалисты на основании гидрохимических и геолого-геохимических исследований выделяют 7 крупнейших по-разному развивавшихся бассейнов.

Калмыков Г.А. – соискатель.

БС является латеральной составляющей одноименного горизонта, возраст которого оценивается как нижний титон – валанжин. БС подстилается сложнопостроенной толщей морских карбонатно-глинистых пород,

обогащенных глауконитом и остатками ростров белемнитов, относимых к георгиевской или абалакской свитам (верхний оксфорд – нижний титон). Перекрывается породами неокомского клиноформного комплекса. Формирование отложений БС происходило в удаленной от берега центральной впадине эпиконтинентального морского бассейна. Современная площадь распространения БС составляет 1,2 млн км². Оценочная площадь зеркала воды всего баженовского бассейна составляла 2 млн. км². На подводных равнинах, окружавших псевдоабиссальную впадину, развивались фациальные аналоги баженовской свиты ныне составляющие тутлеймскую, мулыминскую, даниловскую, марьяновскую, максимоярскую свиты.

Немова В. Д. ВНИГНИ.

Вопрос по 5 защищаемому положению. Поиск зон распространение естественных коллекторов, пункт Б - это зона с повышенной стадии катагенеза МК3-4. При этом своим в докладе вы показывали месторождения нефти из баженовской свиты, где по геохимическим исследованиям стадия катагенеза составляет МК2 и даже МК1. Как Вы это прокомментируете?

Калмыков Г.А. – соискатель

«Нефтяное» окно – зона катагенеза, когда от керогена отделяются углеводородные радикалы, которые впоследствии образуют микронефть, начинается со стадии МК1. Если в разрезе на этот момент есть естественные коллектора, то в них формируется залежь подвижной нефти. Естественные коллектора могут сформироваться, например, в результате растворение скелетов радиолярий или перекристаллизации кремнистых минералов, например, в процессе перехода опала в кварц. Микронефть поступает в эти ловушки и формируется залежь. На стадии МК3-4, если агрегаты керогена не испытывают внешнего давления, то в них начинает формироваться внутренняя пористость, за счет отделения молекул углеводородных соединений внутрь. По мере возрастания катагенетических преобразований эта пористость увеличивается и начинает сообщаться между собой и с вмещающими породами – создается естественный коллектор в высокоуглеродистых породах.

Немова В. Д.

То есть на стадии катагенеза МК1-2 Вы выделяете естественные коллектора, а к каким коллекторам относятся нефтеотдающие породы на стадии МК3-4?

Калмыков Г.А. – соискатель

Это тоже естественные коллектора, только другого генезиса.

Скоробогатов В.А., ВНИИГаз.

Какие характеристики нефти Вы изучали и как они изменяются по площади?
Сколько в пробах нефти из различных зон серы, парафина, какая плотность?

Калмыков Г.А. – соискатель.

В моем распоряжении были образцы нефти из месторождений в зоне Фроловской мегавпадины – порядка 15 проб. По плотности, фракционному составу, содержанию нормальных и изоалканов в мальтеновой фракции они были очень близки. Мы строили «звездчатые» диаграммы по методике, описанной в статьях Дахновой и Лопатина. Эти диаграммы показали, что нефти, которые мы изучали имеют очень похожий состав.

Скоробогатов В.А., ВНИИГаз.

В вашей работе не рассматриваются вмещающие пласты. Каковы расстояния до классических коллекторов?

Калмыков Г.А. – соискатель.

В разных зонах различное расстояние до классических юрских и неокомских коллекторов. В зонах, где эти коллектора непосредственно примыкают к отложениям баженовской свиты, нефть может в них мигрировать и залежей в собственно баженовской свите скорее всего не будет.

Куприн П.Н.

Коллектор трещинно-кавернозный. Трещинные пустоты возникают при растяжении. Почему же Вы скважины закладывает не на своде, где расположены трещины, а на периферии?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Для структурных элементов II группы (например, для месторождения Елизаровского прогиба – все скважины предлагается закладывать на сводовой части. Для Салымского участка - на перегибах и склонах. Это связаны с различным развитием тектоно-гидротермальных процессов.

Ростовцева Ю.В.

Вы фиксируете приуроченность поровых радиоляритов к сводовым частям. Объясните условие их формирования и вторичные процессы, приведшие к формированию поровых радиоляритов именно в этих областях.

Калмыков Г.А. – соискатель.

Радиоляриты накапливались в определенных зонах. Радиолярии были основными организмами баженовского бассейна и после гибели они накапливались везде. Но в определенных местах они были развиты более интенсивно и это развитие было связано с тем, что радиоляриям для жизнедеятельности требовались питательные вещества. Питательные вещества могли поступать в результате вулканической деятельности, либо за счет сноса с окружающей суши, или за счет гидротермальных процессов, которые я пытаюсь защитить. Результатов активной вулканической деятельности в отложениях баженовской свиты не фиксируется. До ближайшего берега от оси Фроловской мегавпадины около 500 км, следовательно, поступление материалов с суши было не очень интенсивным. Гидротермальное воздействие мы напрямую фиксируем в карбонатном слое на границе баженовского и абалакского комплексов. Наличие изоморфных кристаллов доломита в порах, образованных в результате растворения скелетов радиолярий; изотопный состав углерода и кислорода в этих кристаллах, доказывают, что вторичная проработка происходила так же в результате гидротермальных растворов. Поровые радиоляриты приурочены к сводовым частям структурных элементов 2-3 порядков. Соискатель понимает, что перестройка структурного плана происходила в течении всего геологического времени. По этой причине, не на всех сводах структурных элементов 2-3 порядков встречаются радиоляриты.

Важным поисковым критерием развития радиоляритов является фиксация разных мощностей баженовской свиты на сводах и периферии структур. Это является доказательством конседиментационного роста этих структур. Наличие следов низкогидротермальной проработки является доказательством их воздействия на породы баженовской свиты и образование порового пространства в результате растворения скелетов радиолярий.

Алексеев А.С.

Скажите, пожалуйста, какая была глубина баженовского бассейна?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Глубина баженовского бассейна закономерно менялась: в начале это было неглубокое море, на дне жили двустворчатые моллюски (бухии и иноцерамы), к окончанию средне волжского времени глубина была максимальная и составляла 300÷400 метров, а затем она уменьшилась.

Алексеев А.С.

Вы считаете, что струи гидротерм, которые поставляли питательные вещества для жизнедеятельности радиолярий, в том числе и кремнезём, необходимый для строительства скелетов радиолярии, поднимались к поверхности, где в основном и жили радиолярий?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Я думаю, что, во-первых, гидротермы, поставляли питательные вещества в придонный слой палеобассейна, а далее горячая вода поднималась вверх за счет тепловой конвекции. А во-вторых, сами радиолярии опускались и поднимались в толще воды. В настоящее время расцвет популяций радиолярий приходится на зоны апвеллинга, а в этих зонах глубина составляет порядка 200 м, что сопоставимо с нашими оценками глубины палеобассейна баженовского моря.

Вялов В.С.

Вы проводили оценку ресурсной базы углеводородов в баженовской свите. Обычная оценка предполагает еще и геолого-экономическую оценку. Никакой попытки не было оценить экономическую сторону разработки нефти из баженовской свиты?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Оценки проводились для подвижной нефти. Например, разработка залежи подвижной нефти в баженовской свите, расположенной в Елизаровском прогибе, даст большой экономический доход организации, которая этим будет заниматься. Экономическая оценка эксплуатации другого лицензионного участка, который мы тоже исследовали, показала, что даже, используя новейшую систему горизонтальных скважин и многостадийных ГРП, разработка будет убыточна. С точки зрения десорбции углеводородов и деструкция керогена экономическая оценка пока не производится, так как сначала надо предложить технологию добычи этих типов нефтей. Такие технологии сейчас разрабатываются, но их еще экономический нельзя обсчитать.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Каков перепад рельефа, по Вашим оценкам, был в баженовском море?

Калмыков Г.А. – соискатель.

Поднятия возвышались над прогибами примерно на 100 метров.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Теперь, в связи с этим, другой вопрос - не кажется ли вам что на поднятиях накапливались более крупные фракции, к которым относятся скелеты радиолярий, потому, что волновое воздействие вымывало все мелкие гранулометрические фракции.

Калмыков Г.А. – соискатель.

Фактор волнового воздействия совершенно очевидно сказался на распределении скелетов радиолярий по площади. Но кроме него был другой фактор, связанный, как мне кажется с гидротермами, которые поставляли питательные вещества в водную толщу, а при увеличении потока питательных веществ резко возрастала популяция радиолярий. Полученные мной данные доказывают, что поступление гидротермальных вод было приурочено к палеосводам.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Спасибо. Раз вопросов больше нет, то слово предоставляется Учёному секретарю для оглашения отзывов, пришедших на диссертацию и автореферат.

Полудеткина Е.Н. – ученый секретарь совета.

Зачитывает официальные положительные отзывы организаций, где была выполнена работа и ведущей, соответственно. Отзывы прилагаются. Оглашает следующие замечания: « 1. Нет обоснования точки зрения, что северо-американские нефтеносные сланцы не являются полными аналогами БС. 2. Автор не предлагает использовать и не использует профильные измерения проницаемости в технологии исследования керна. 3. Номенклатура пород, предложенная автором, базируется на массовых определениях компонент, хотя в литологии традиционно используются объемные доли. 4. Литофизическая типизация базируется на трех и на пяти методах ГИС, не обсуждается типизация при другом наборе методов ГИС. 5. Из текста диссертации не ясно, почему объем свободной нефти, запечатанной физически связанными УВС и ГАС были отнесены к ресурсам. 6. Не указано, как от массовых долей параметра S2 после экстракции автор переходит к объемам «синтетической» нефти.»

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Предоставляю слово соискателю для ответа на замечания ведущей организации.

Калмыков Г.А. – соискатель.

Разрешите ответить на замечания ведущей организации.

1. Расхождение между геологическим строением баженовской свиты Западной Сибири и Северо-Американскими месторождениями сланцевой нефти можно рассмотреть на конкретных примерах. Наиболее известный пример - это месторождение Баккен, расположенное на границе между Канадой и Соединенными Штатами из которого идет максимальная добыча. Специалисты, которые занимаются ее разработкой, указывают что они добывали 48 миллионов баррелей нефти в год из сланцевых отложений – собственно формации Баккен. Принципиальное отличие формации Баккен, в том, что она имеет трехчленное строение: нижний нефтяной сланец, карбонатизированные песчаники и доломиты, и сверху опять нефтяной сланец. Я принимал участие в исследовании образцов из нижнего сланца. Минеральный состав примерно такой же, как и для пород баженовской свиты, но даже на стадии катагенеза

МК4 мы совершенно не видим в керогене никаких пор. При этом добыча идет из средней части разреза, которая по своему строению соответствует традиционным коллекторам - это карбонатизированные песчаники и алевролиты. Разработка ведется горизонтальным бурением с многостадийными гидроразрывами пласта. То есть основной резервуар формации Баккен совершенно не соответствует тем отложениям которые рассматриваются в работе. Нарботки, полученные для формации Баккен может быть можно будет применить для разработки аномальных разрезов баженовской свиты. Я с помощью специалистов Шлюмберже провел сопоставление минерального состава пород баженовской свиты с минеральным составом основных нефтеносных сланцев Северной Америки. Вы можете видеть, что те отложения из которых мы пытаемся добывать нефть в баженовской свите принципиально отличаются по составу от пород месторождений сланцевой нефти Северо-Американского континент.

2. Использовать профильные измерения проницаемости я не рекомендую по той причине, что, к сожалению, породы баженовской свиты очень сланцеваты, и мы можем получить проницаемость, связанную с техногенной трещиноватостью, и не сможем использовать эти результаты для выбора образцов для стандартных исследований фильтрационно-емкостных свойств.

3. Автор предлагает использовать массовые определение компонент, так как основным инструментом для их измерений является каротаж, который позволяет рассчитывать массовые концентрации элементов. А пересчет массовых концентраций элементов производится в массовые концентрации компонент. Следовательно, и номенклатуру логично проводить для массовых концентраций. При этом, в случае необходимости, массовые концентрации можно пересчитать в объемные.

4. В работе приводится литофизическая типизация для трех и пяти методов ГИС, как наиболее распространённых стандартном и расширенном комплексах каротажа. В случае использования литокаротажа, не требуется типизация, так как при интерпретации с использованием предложенной автором петрофизической настройки можно рассчитать состав пород. А уже

минерально-компонентный состав по предложенной автором классификации можно отнести к тому или иному типу пород.

5. Объем свободной нефти, запечатанной физически связанными УВС и ГАС были отнесены к ресурсам, так как что на данный момент нет доказательств, что трещины ГРП вскроют запечатанные объемы. Если удастся обосновать возможность раскрытия запечатанных объемов при ГРП, то эти объемы можно использовать при расчетах запасов. Все необходимые параметры для этого подготовлены.

6. Переход от массовых долей параметра S2 после экстракции к объемам «синтетической» нефти проводился исключительно для визуализации, чтобы геологи нефтяники могли сопоставить сколько может быть свободной нефти, сорбированных углеводородных соединений, какой остаточный нефтегенерационный потенциал. Для подсчёта ресурсов не требуется переходить от массового параметра S2 к объемным характеристикам.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Теперь Елена Николаевна зачитает отзывы, поступившие на автореферат.

Полудеткина Е.Н. – ученый секретарь совета.

Получено 17 отзывов на автореферат. Отзывы положительные. В 12 отзывах есть замечания:

5 отзывов без замечаний:

- Баюк Ирина Олеговна, д.ф.-м.н., ИФЗ имени О.Ю.Шмидта
- Попов Юрий Анатольевич, д.ф.-м.н., Главный научный сотрудник, Сколковский институт науки и технологий
- Байков Виталий Анварович, д.ф.-м.н., зам.ген.директора ООО «РН-УфаНИПИнефть»
- К.т.н. доцент Шишлова Людмила Михайловна, д.г.-м.н. профессор Хатьянов Фаддей Исаакович, Уфимский государственный нефтяной технический университет
- К.г.-м.н. Романов Евгений Аркадьевич, директор ООО «Коретест-сервис».

Отзывы с замечаниями:

- **Харахинов В.В.**, д.г.-м.н., зам.ген.директора по науке, **Кулишкин Н.М.**, к.г.-м.н., начальник отдела геологии и подсчета запасов, ООО «Славнефть – НПЦ».

1. Флюидодинамическая модель должна учитывать дополнительно, параметр распределения тектоно-гидротермальных зон. 2. Апорациоляриевые известняки могут содержать терщинную пустотность, поэтому дискуссионно их отнесение к локальным флюидоупорам. 3. Разделение на естественные и технически стимулируемые коллекторы не правомочно, т.к. все они естественные. Лучше дать наименование по степени их разрабатываемости.

- **Бычков А.Ю.**, д.г.-м.н., профессор, геологический факультет МГУ. 1. Не показана связь зон гидротермального воздействия с месторождениями УВ.

- **Федорцов И.В.**, к.г.-м.н., **Ефимов В.А.**, к.г.-м.н., **Коровина Т.А.**, к.г.-м.н., **Кропотова Е.П.**, ОАО «Сургутнефтегаз», тюменское отделение СургутНИПИнефть, 1. Не анализируются различия между североамериканскими нефтяными сланцами и БС (есть у геологоразведки такое же замечание). 2. Не уделено достаточного внимания анализу природы АВПД. 3. Подход к выделению в разрезах трех циклов, неприменим из-за многообразия особенностей разрезов БС. В качестве методических рекомендаций для подсчета запасов на другие месторождения распространять нельзя. Это касается локализации интервалов продуктивности и интерпретации комплекса ГИС при переходе от расширенного к стандартному. 4. Нет соотнесения результатов исследований керна и емкостных параметров пород в пластовых условиях. На примыкающих к Салымскому мегавалу территориях параметры общей и эффективной пористости сильно отличаются от приведенных в работе (из опыта рецензентов). Поэтому согласиться с методикой подсчета запасов нельзя.

- **Топорков В.Г.**, д.г.-м.н., главный геолог **Рудаковская С.Ю.**, к.т.н. начальник отдела, ООО «Арктик-Герс». 1. Неточность в терминологии: «...ЯМК исследованиям на образцах керна...». 2. Неясно как проводилось сопоставление спектров времен поперечной релаксации T2 каротажных и лабораторных данных. 3. За параметр динамической пористости удачнее было бы принять

пористость неэкстрагированного керосинонасыщенного образца, которая может быть в разы больше показаний по гелию.

- **Маргулис Л.С.**, д.г.-м.н., зав.отделом АО ВНИГРИ. 1. Нет упоминаний о предшественниках. 2. Нет четкого разделения запасов и ресурсов. 3. Большинство цифр имеют региональный характер и относятся к ресурсам, а не к запасам. 4. Не совсем удачен термин «синтетическая нефть»

- **Лозин Е.В.**, д.г.-м.н., профессор, академик РАЕН, советник по геологии и разработке месторождений ООО «Башнипинефть». 1. Положения Научной новизны 2 и НН4 не являются новыми. 2. Защищаемое положение 1 не требует квалификации «защищаемого положения». 3. Не упоминания о соотношении понятий «техически стимулируемы коллектор» и «ТРИЗ». 4. Во многих случаях породы-коллекторы БС содержат активную подвижную нефть и могут быть отнесены к коллекторам известного порово-проницаемого типа, а не к ТСК. 5. Ресурсы «синтетической» нефти иллюзорны и требуют дальнейшей научно-технической разработки.

- **Близнюков В.Ю.**, д.т.н., академик РАЕН, руководитель проекта департамент НТР и инноваций ПАО «НК «Роснефть». 1. Осталось непонятным, как соотносятся между собой термины «запасы», «объемы » и «ресурсы». 2. Без достаточной детализации приведены результаты, которые были получены при изучении БС в ведущих организациях.

- **Муравьев А.В.**, к.г.-м.н., директор центра гидродинамических исследований АО ВНИИНЕФТЬ. 1. Поскольку в баженовской свите широко представлены глинистые минералы, то результатом их взаимодействия с водой будет их разбухание, что приведет к снижению проницаемости пород коллектора. Это ставит под сомнение вывод об эффективности метода гидротермального воздействия. 2. Из автореферата неясно, проводил ли автор анализ эффективности альтернативных методов, таких как термогазовое воздействие, низкотемпературный пиролиз (150-350 °С) и микробиологическое воздействие в пластовых условиях как возможных технологий извлечения трудноизвлекаемой нефти.

- **Лобанков В.М.**, д.т.н., зав.кафедрой «Геофизические методы исследований» Уфимский государственный нефтяной технический университет. 1. В ЗП2 слабо прослеживаются утверждения, требующие доказательства. Лучше было бы говорить о том, что новая методика расчета минерально-компонентного состава пород дает конкретные положительные результаты... 2. Используемое автором понятие «ресурсы нефти» противоречит утвержденной «Классификации..» и ближе к понятию «запасы нефти», так как имеет дело с разбуренным месторождением. 3. Нет числовых показателей адекватности моделей микроструктуры породы и геологической макроструктуры реальным структурам породы и месторождения. 4. Терминологические неточности.

- **Предтеченская Е.А.**, д.г.-м.н., вед. научный сотрудник ОА «Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья». 1. Нигде в автореферате нет ссылок на труды предшественников. 2. В разделе «Общая характеристика работы» отсутствуют сведения об объекте исследования (район, площади, скважины, их номер). 3. Первое и третье ЗП несколько декларативны. Неясно, что здесь защищает автор. Четвертое ЗП: Неудачны термины «нижний и верхний разделы» свиты. Логичнее было бы использовать названия «части» или «пачки». Рецензент не согласен с выводом автора о том, что «нижний раздел...соответствует увеличению глубины бассейна», т.к. известно (о чем также далее упоминает и сам автор), что наиболее глубоководные отложения характерны для средней части разрезов Салымского типа (Брадучан, Гурари и др.). 4. В пятом положении неверный тезис о зонах распространения пористых радиоляритов, приуроченных к сводовым частям локальных поднятий. 5. Так как присутствие прослоев радиоляритов на сводах поднятий связано с процессами инверсии, с перестройкой структурного плана в постбаженовское время, поскольку радиоляриты характерны для зон палеодепрессий различной глубины, но наиболее широко развиты в центральной части баженовского бассейна, на территории Мансийской синеклизы и др. крупных отрицательных структур. 6. Из шестого защищаемого положения неясно, чем разнятся технологические приемы извлечения сорбированной и «синтетической» нефти. 7. В разделе «Характеристика...коллекторов» утверждается, что «практически

все породы баженовской свиты являются технически-стимулируемыми коллекторами (ТСК). Но кроме апорадиоляриевых карбонатов очень слабо битуминозными являются также и другие породы свиты. Это прослойки тонкоотмученных существенно гидрослюдистых аргиллитов, алевритистых аргиллитов (особенно в кровле свиты), а также малокремнистые глины с рассеянными радиоляриями. Они менее благоприятны для формирования отложений, обогащенных Сорг., чем относительно глубоководные отложения. 8. В качестве иллюстраций в автореферате отсутствуют типовые разрезы свиты с сопоставлением данных бурения и ГИС для выделения литотипов. Из текста неясно, какие литотипы благоприятны для извлечения непрочно сорбированной и «синтетической» нефти. 9. Автор упоминает, что для извлечения нефтей 2-го типа (сорбированных) рекомендуется использование органических растворителей. При этом следует учесть высокие перспективы использования углекислого газа для интенсификации притоков при разработке остаточных (тяжелых смолистых) нефтей. Это замечание можно рассматривать как пожелание. 10. Вывод автора о том, что большие глубины способствовали развитию многочисленных радиолярий (стр. 31) неточен. Они способствовали не развитию, а накоплению остатков радиолярий. 11. В тексте автореферата имеются также редакционные, технические и стилистические огрехи.

- **Гутман И.С.** Профессор кафедры промышленной геологии нефти и газа федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет (национальный исследовательский университет) нефти и газа имени И.М.Губкина к.г.-м.н. 1. Понятие «технически стимулируемые коллекторы», а также их логические взаимоотношения с породами-источниками «синтетической нефти» в автореферате раскрыты недостаточно четко; по указанным автором критериям (отсутствие притока до ГРП и низкую проницаемость) к технически стимулируемым коллекторам следует относить значительную часть низкопродуктивных коллекторов; представляется, что в работе имеется ввиду несколько другой класс пород. 2. Раздел, посвященный прогнозу продуктивности естественных коллекторов кажется недостаточно

комплексным, в первую очередь, по причине рассмотрения исключительно радиоляритовых интервалов; использование в качестве основы формы кривых гамма-каротажа при выявлении площадных структурно-фациальных зон кажется излишне упрощенным. 3. Один из разделов автореферата носит название «Структура *перового* пространства пород», в результате чего встречаются термины вида «трещинно-кавернозный тип *перового* пространства», что представляется не совсем корректным; неясно, является ли «*пористое* пространство» синонимом для «*перового*». 4. Верхний и нижний интервалы баженовской свиты именуется «разделами». В промыслово-геологической практике такой термин принято относить к разделам между продуктивными пластами

- **Булычев А.А.**, д.ф.-м.н., зав.каф. геофизических методов исследования ЗК, **Никулин Б.А.**, с.н.с., геологический ф-т МГУ. 1. В обзорной части мало ссылок на работы отечественных ученых. 2. Слабо освещены вопросы оценки достоверности.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Слово предоставляется соискателю для ответа на вопросы.

Калмыков Г.А. – соискатель.

Спасибо всем специалистам, которые прислали отзывы на мою работу. Разрешите ответить на полученные замечания. Я постарался их сгруппировать и отвечать на группы вопросов.

1. БС впервые была выделена Ф.Г. Гурари в 1959 году как пачка марьяновской свиты и отображена в региональной стратиграфической схеме в 1960 г. Изучением геологического строения и нефтеносности БС, занимались с момента получения первых притоков нефти (в 1968г.) многие научные коллективы и организации СССР и РФ: ВНИГНИ, ИНГГ СО РАН, СибНИИНП, ЗапСибНИГНИ, СНИИГГиМС, ИГИРГИ, МГУ и др. Практически все ученые, занимавшиеся геологией и нефтеносностью Западно-Сибирского НГБ исследовали отложения баженовской свиты. Список рассмотренной автором литературы составляет более 500 наименований, при этом, к моему большому сожалению, существует еще много интересных работ, которые не вошли в этот

список. Я начал свой доклад слайдом, на котором показал список ведущих специалистов, которые занимались проблемами баженовской свиты. Учесть результаты всех исследователей в одной работе просто не представляется возможным.

2. Так как вся пористость естественных коллекторов сформировалась в результате тектоно-гидротермальных воздействий, то автор считает, что основные залежи подвижной нефти приурочены к зонам гидротермального воздействия. Распределение тектоно-гидротермальных зон учитывается при построении трехмерных моделей отложений баженовской свиты. Проницаемость пород по латерали очень низка и, как следствие, наличие проницаемых пород (естественных коллекторов) в данной зоне не сказывается на других зонах.

3. Все изученные автором апорадиоляриевые известняки не содержат трещинную пустотность, поэтому автор отнес их к локальным флюидоупорам.

4. Разделение на естественные и технически стимулируемые коллекторы автор проводит по их фильтрационно-емкостным свойствам: к естественным коллекторам отнесены породы с динамической пористостью превышающей 3% и проницаемостью 4 мкД. Автор согласен, что вся пористость естественна. Наименование давалось именно по степени их разрабатываемости: естественные коллектора могут отдавать нефть в скважину и без дополнительной стимуляции, а для получения притока из технически стимулируемых коллекторов необходимо провести какие-либо воздействия на пласт – гидроразрыв пласта, обработку кислотой и т.д.

5. Исследования фильтрационно-емкостных свойств на керне проводились и в лабораторных условиях (1 атмосфера) и в условиях, соответствующих пластовым. При этом динамическая пористость по азоту уменьшалась на 10÷50% в зависимости от литологической принадлежности пород. При измерении динамической пористости по керосину уменьшение составило 10÷30%. Такое расхождение обусловлено структурой порового пространства.

6. Для использования подхода автора для прогноза дифференцированной нефтепродуктивности на новых территориях необходимо проводить комплекс исследований по методике, обоснованной в работе.

7. В качестве коэффициента динамической пористости был принят коэффициент пористости неэкстрагированного образца, измеренный газоволюметрическим методом по азоту. Это обусловлено тем фактом, что размер молекулы азота, соответствует размеру молекулы метана. Использовать гелий автору кажется некорректным, так как молекула гелия в два раза меньше молекулы метана и как следствие поры, в которые она может зайти не могут быть заполнены даже самой мелкой молекулой углеводорода – молекулой метана. Коэффициент пористости по керосину на неэкстрагированном образце может быть больше коэффициента пористости по азоту, так как керосин является растворителем и при его использовании происходит частичная десорбция физически связанных углеводородных соединений (УВС). В результате определенная доля открытой пористости, занятая сорбированными УВС будет неоправданно переведена в динамическую пористость.

8. К запасам автор относит массу подвижно нефти, которая сосредоточена только в тех зонах и в тех естественных коллекторах, где были получены притоки нефти, все остальные объемы УВС, которые теоретически можно извлечь из отложений баженовской свиты предлагается отнести к ресурсам.

9. Задачей автора не являлось выявление наиболее эффективного метода получения «синтетической» нефти. Я проводил анализ остаточного генерационного потенциала (ОГП) и его распространения по площади, для предельной оценки массы «синтетической» нефти, которую можно в принципе получить, если реализовать весь остаточный генерационный потенциал. Автор понимает что это в принципе невозможно – анализ выхода «синтетической» нефти показывает, что ее доля составляет порядка 10% от ОГП. В случае низкой стадии катагенеза долю можно довести до 30%. Анализ выхода «синтетической» нефти требует дальнейших работ.

С остальными замечаниями и пожеланиями согласен и учту в своей дальнейшей работе.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Теперь предоставим слово официальным оппонентам.

Постников Александр Васильевич, доктор геолого-минералогических наук, доцент, зав.кафедрой литологии ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М.Губкина .

Постников А.В. – д.г.-м.н.

Далее официальный оппонент зачитывает свой положительный отзыв. Отзыв прилагается. Оглашает следующие замечания:

«Глава 1. К недостаткам данного раздела работы можно отнести недостаточно полную характеристику месторождений «сланцевой» нефти Северной Америки и детальное сопоставление с нефтегазоносностью баженовской свиты.

Глава 2. Автор явно недостаточно внимания уделяет возможностям использования материалов полевых геофизических исследований для решения поставленных задач.

Глава 3. Недоучет цикличности развития процессов осадконакопления, которые могли бы контролировать закономерности вертикальной неоднородности свиты.

Глава 4. Представляется весьма дискуссионными представления автора о количественных соотношениях различных видов органического вещества входящего в качестве компонентов в матрицу пород.

Глава 5. Автор недостаточное внимание уделяет макро- и микротрещиноватости пород, которая может во многом определять площадную неоднородность продуктивности БС.

В качестве замечаний к диссертации в целом можно отметить, излишнюю категоричность формулировок многих положений, выработанных автором и изложенных без необходимого анализа альтернативных гипотез. Недостатком автореферата является аннотационный характер второго защищаемого положения.»

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Георгий Александрович, отвечайте.

Калмыков Г.А. – соискатель.

1. На первое замечание я ответил в ответе на замечания ведущей организации.

2. На второе замечание я постарался ответить в дискуссии. Дополнительно хотелось бы добавить, что в своей технологии я использую результаты сейсморазведки для построения карт поверхностей баженовской свиты, выявления зон разломов и анализа строения фундамента. Ограничением полевых геофизических исследований является их низкая разрешающая способность для объектов на глубине 2÷3 км. Так современная сейсморазведка позволяет разделять объекты мощностью более 20м, а это больше половины мощности основных разрезов баженовской свиты. При этом в дальнейшей работе постараюсь уделять использованию материалов полевых геофизических исследований больше внимания, тем более, что поверхностные методы зондирования глубинных слоев непрерывно совершенствуются и возможно появятся методики, разрешающая способность которых приблизится к 1-2 метрам

3. Автор считает, что основным циклом является вся баженовская свита, которая развивалась от увеличения глубины моря в момент начала формирования с максимальной глубиной на границе двух основных частей баженовской свиты и уменьшения глубины к кровле свиты. Цикличность меньшего уровня хорошо обосновывается в регионе Фроловской мегасвиты, однако ее не всегда удается проследить в других зонах.

4. Количественные соотношения различных видов органического вещества исследовались автором при последовательной экстракции, что и позволило сформулировать модель порового пространства пород баженовской свиты.

5. Про макротрещиноватость я ответил в дискуссии. А микротрещиноватость обязательно необходимо изучать в карбонатном пласте, расположенном на границе баженовской и абалакской свит.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Слово предоставляется второму оппоненту.

Фурсов Альберт Яковлевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор, директор центра проектирования разработки локальных изолированных

объектов АО «Всероссийский нефтегазовый научно-исследовательский институт имени академика А.П.Крылова» .

Фурсов А.Я. – д.г.-м.н.

Далее официальный оппонент зачитывает свой положительный отзыв. Отзыв прилагается. Оглашает следующие замечания:

«1. При использовании жестких методов вскрытия пласта часть закрытых пор может быть открыта и объем содержащейся в них нефти перейдет в категорию запасов. Это не учтено при расчетах объемов подвижной нефти на конкретных объектах. 2. Отсутствуют поисковые критерии зон максимального скопления синтетической и высвобождаемой нефти. Термин синтетическая нефть не удачен. 3. При расчете объемов синтетической нефти не введена поправка на объем газа, который может быть сгенерирован при искусственном гидротермально воздействию».

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Соискатель может ответить на замечания оппонента.

Калмыков Г.А. – соискатель.

1. Так как в настоящее время нет данных какое количество закрытых пор открывается при использовании жестких методов вскрытия пласта, то неясно, какую часть и объем содержащихся в них нефти можно извлечь и, следовательно, относить к категории запасов. При этом, все исходные данные о содержании свободной нефти в закрытых порах по предложенной методике на исследуемых участках автором были получены, а сама методика является основой для исследований закрытой пористости на других участках.

2. Автор в диссертации сосредоточился на выработке поисковых критериев зон максимального скопления подвижной нефти. Зонами максимальных скоплений «синтетической» нефти являются области накопления органического вещества, которые испытали минимальные катагенетические преобразования. На изучаемой территории к этой зоне относится северо-восточная часть Салымского мегавала. Критериями распространения максимальных скоплений «высвобождаемой» нефти являются следующие: высокое содержание органического вещества; область, испытавшая катагенез

среднего уровня (МК2 по классификации Вассоевича), в зоне должны отсутствовать естественные коллекторы в толще баженовской свиты, а сама свита не должна непосредственно контактировать с коллекторами во вмещающих отложениях.

3. В расчетах объемов «синтетической» нефти использовался генерационный потенциал – при этом преследовалась цель оценки максимального количества «синтетической» нефти. В дальнейшем необходимо будет ввести поправки как на объем «синтетического» газа, так и на объемы других флюидов, которые могут выделяться при воздействии на кероген.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Слово предоставляется третьему оппоненту.

Скоробогатов Виктор Александрович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник центра ресурсов и запасов углеводородов ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Скоробогатов В. А. – д.г.-м.н.

Далее официальный оппонент зачитывает свой положительный отзыв. Отзыв прилагается. Оглашает следующие замечания:

«1. Автор, «подключившийся» к проблеме БС (комплексу проблем), вероятно в последние 15 лет, мало знаком с публикациями 70-80-х гг. прошлого столетия, в которых рассматривались структурно-литолого- флюидальная система БС в целом: минеральное вещество, рассеянное/полуконцентрированное ОВ, термобарические условия, содержание Сорг и его вариации, катагенез ОВ по угольным включениям в кровле тюменской свиты (гор. Ю2-3) ниже подошвы БС на 15-20 м) и в низах мела (ачимовская свита), разломная нарушенность низов осадочного чехла и ее влияние на эмиграцию нефти в поровые коллектора, в целом, роль БС как битумогенерирующей/нефтематеринской толщи для интервала разреза от васюганской свиты (гор. Ю) до низов апта (гор. А), масштабы генерации битумоидов и сохранности их части в объеме БС и мн. др.

2. Автор оперирует термином баженовская нефть, вольно или невольно уходя от термина «битумоид», широко использовавшегося в 60-80-е гг.

прошлого века. Однако, многочисленные примеры получения из БС нефтеподобных веществ с содержанием смол+асфальтенов 60-70 % и более (при низких РТ, а, следовательно, и низкой зрелости ОВ, свидетельствует об объемном насыщении ее битумо нефтью-нефтебитумоидом. На работы выдающегося геохимика чл.-корр. АН СССР Н.Б. Вассоевича нет ни одной ссылки. На самом же деле на 90% территории распространения БС в ее объеме находится не нефть, как таковая, а нефтеподобный битумоид - полужидкое вещество, оторвавшееся от твердого керогена.

3. Для многих исследователей отведено необоснованное число ссылок: на М.Ю. Зубкова - 16, И.В. Гончарова - 11, А.Э. Конторовича - 11, И.И. Нестерова - 9, Ф.Г. Гурари - 11, а на патриарха проблемы БС С.Г. Неручева - всего 2 ссылки. Всем «юристам» Западной Сибири известно, что самые серьезные публикации по БС и тюменской свите имели место в 70- 80-х гг. XX века. Оппонент прекрасно понимает, что за более чем 50 лет изучения БС по всей территории ЗСМП (центр, запад, юго-восток, север) при общем числе публикаций не менее 1500 сослаться на всех исследователей БС попросту невозможно, особенно на закладывавших основы «учения о баженовской свите» в 70-80-х гг. XX века, но многие достойные исследователи проблемы обойдены вниманием (С.Г. Краснов, А.Н. Фомин, Е.А. Рогозина и многие другие).

4. Далее работа перегружена графическими материалами, особенно фотографиями керна, ГИС-диаграммами и прочим фактоматериалом, из-за чего ее объем значительно увеличился (до 356 стр.), а аргументирующего текста всего 176 стр. («чистого», без рис. и табл.). Есть Заключение, но выводов по работе в целом нет, по крайней мере, четко обозначенных. Работа изобилует малозначащими фразами, есть ряд повторов, материал изложен сложно.

5. Крайне спорно положение о получении нефти путем деструкции БС в пласте (реально - много не получишь - только на ограниченных участках, и то на высоких стадиях катагенеза, при $K_0 > 1,0$ %, которые распространены локально во Фроловской области).

6. Безусловно, одна работа, особенно литолого-геофизической направленности (3/4 объема диссертации посвящено веществу (литологии), ФЕС коллекторов,

генезису и вариациям пустотности и прочим «вещественным» аспектам) не может решить сверхсложную проблему: а где искать «сладкие пятна» по БС?; как их осваивать?; каковы истинные ресурсы извлекаемой нефти в важнейших центральных и западных районах ЗСМП (север - не в счет, он «стерилен» от баженовской нефти). Только многогранное исследование всей генетической цепи онтогенеза: генерация - эмиграция (внутренняя и внешняя) - миграция коллекторская - формирование и эволюция УВ-скоплений помогут сформулировать практические рекомендации по поиску и разведке нефти в БС, а также стимулированию ее органо-флюидо-минеральной массы для промышленной разработки геофлюидальной системы баженовской свиты.»

Конохов А.И. – и.о. председателя совета.

Соискатель может ответить на замечания оппонента.

Калмыков Г.А. – соискатель.

Разрешите ответить на замечания, изложенные в отзыве.

1. Я начал работать с породами баженовской свиты в начале 1996г и познакомился с достаточно большим объемом опубликованных работ и фондовыми материалами. К сожалению, обзор работ показал, что нет единых мнений практически по всем вопросам, касающимся баженовской свиты, от методики ее изучения до геологического строения и нефтеносности. Я принимал участие в исследованиях как самой баженовской свиты, так и вмещающих отложениях. Но представленная работа посвящена непосредственно баженовской свите, поэтому вмещающим отложениям внимание уделено только в вопросах влияния структуры фундамента и разломной тектоники на размещение залежей в толще баженовской свиты и наличию коллекторов непосредственно примыкающих к отложениям баженовской свиты как интервалам ее дренирования.

2. Проведя анализ публикаций по термину «битумоид» автор решил использовать это понятие в соответствии с определением Н.Б.Вассоевича – углеводородные и гетероатомные соединения, извлекаемые из породы в лабораторных условиях при воздействии органическими растворителями. Поэтому автор предложил и использует следующую понятийную базу: нефть –

смесь/раствор углеводородных соединений, которые могут свободно перемещаться по поровому пространству; сорбированные углеводородные соединения - углеводородные и гетероатомные углеводородные молекулы, которые отделились от керогена, но связаны с поверхностью твердой фазы вандер-ваальсовыми силами.

5. Получение нефти путем деструкции БС проводилось на образцах керна. Выход доходил до 30% от содержания керогена на образцах из зоны с низкой стадией катагенеза – ПКЗ. В пласте такие исследования проводятся группой специалистов под руководством А.А.Боксермана. Задачей автора являлась оценка предельного количества «синтетической» нефти, которое можно получить при деструкции керогена баженовской свиты.

С остальными замечаниями и пожеланиями согласен и учту в своей дальнейшей работе.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

А теперь открываем дискуссию коллеги. Кто бы хотел выступить?

Холодов В.Н. д.г.-м.н., профессор.

Выслушал доклад, посмотрел автореферат. Впечатления очень большое. Нужно сказать, что это интересная работа, интересное исследование, у которого, я думаю, большое будущее. В основе лежит только Салымская площадь и окружающие районы. В тоже самое время баженовская свита это грандиозное сооружение. Баженовская свита - это свита, простирающаяся на многие десятки тысяч квадратных километров. Любопытно одно обстоятельство, что именно с баженовской свитой связано явление, которое заставило очень серьезно задуматься литологов. Керн поднятый на поверхность неожиданно стал расширяться, стал ломать ящики, стал выскакивать за пределы лотков, в которые его укладывали. В чем дело? Оказалось, что больших глубинах огромную роль играет давление. Мы всю жизнь думали что то, что мы видим на поверхности – состояние песка, глины, известняка, которые образуются в морях и океанах, повторяет состояние этих пород и на глубинах. Ничего подобного. Глубины живут своей собственной жизнью, живут очень интенсивно. Вот это мне хотелось бы сегодня подчеркнуть. Посмотрите на

главные бассейны седиментации, в которых образуются нефтяные и газовые залежи. Мы почти всегда видим бассейны, в которых мощность осадочного чехла в среднем занимает 15 км, максимальные глубины известные в Прикаспийской впадине 27 или 30 километров. Если учесть геотермический градиент и градиент увеличения давления - это страшные цифры. Это означает, что там породы находятся в существенном ином состоянии. Мне пришлось недавно столкнуться с особенностями глинистых пластических толщ. Пластические толщи погружаясь вглубь осадочных бассейнов прежде всего теряют свою пористость. На поверхности, у дна бассейна, пористость глинистых осадков составляет 50-60-80 процентов. По мере погружения поры уменьшаются. В соседние породы передается колоссальное количество флюидов. Эти флюиды и образуют аномально высокие пластовые давления (АВПД). Вот эти АВПД характеризуют состояние пород в верхних этажах. А что происходит дальше. А дальше - страшно интересно. Оказывается, глинистые толщи превращаются в покрышки. А покрышки с физико-химической точки зрения могут рассматриваться как замкнутые физико-химические системы. В них фазовые преобразования любых компонентов создают страшное давление. Кроме того, на больших глубинах высокие температуры. Вот вы говорите всё время гидротермы. А что такое гидротермы? Раньше мы думали гидротермы - это то, что описал Линдгрэн: массив, и от него отходят трещины, заполненные горячей водой. Ничего подобного. Гидротермы могут образовываться на небольших глубинах в осадочном чехле. И это доказывалось существованием грязевых вулканов и многих других явлений. Коротко говоря, литология или учение об осадочных породах находятся на переломе и не учитывать вот все эти данные просто нельзя. В целом диссертант себя показал: он доктор наук, он тот ученый, который сможет хорошо работать в этой области. Он великолепно владеет словом, интеллигентный человек. Мое пожелание - побольше занимайтесь геологией. Всего доброго.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Кто хотел бы еще поделиться своими впечатлениями.

Хотылев О.В. К.г.-м.н. Росгеология.

Добрый день. Учитывая то, что диссертант геофизик, мы наблюдаем его огромный рост в сторону геологии и геохимии. Это большая редкость. С моей точки зрения это уникальная работа и по объему материала, и по глубине обобщения. Здесь представлена уникальная методика, которая является воспроизводимой и позволяет любому хорошо оснащенному оборудованием коллективу обеспечивать одинаковые результаты при исследовании разных площадей. Сожалею, что эту работу он не защитил раньше.

Малышев Н.А. д.г.-м.н., профессор, член совета

Поскольку я член совета, а также представляю компанию Роснефть, проблема бажена для нас, очевидно, актуальна и практически значима. Мы в 2009 году провели специальный Всероссийский семинар, на который съехались все российские специалисты по баженовской свите. Тогда соискатель выступил с докладом, который вызвал колоссальный интерес. И за эти восемь лет виден колоссальный прогресс. Справедливо отмечалось, что, когда стали получать керн, появилось вещество и современные технологии, аналитические методы исследования, стали появляться в совершенно новые результаты. К примеру, диссертант говорил о пористости керогена. Когда Роснефть предоставила для исследования керн 3 скважин, которой был доставлен в университет, диссертант знал каждый пропласток, каждый радиолярит. И вот мы уже видим серьезный прогресс в оценке перспектив нефтеносности баженовской свиты. Уже дается оценка прогноза дифференцированной нефтепродуктивности. Я полностью согласен с тем, что оценивать извлекаемые запасы возможно только имея тот комплекс информации, который диссертант привел в первом защищаемом положении. Нет ничего практичнее, чем фундаментальные исследования. Перефразируя и опираясь на работу Георгия Александровича, можно сказать, что нет ничего фундаментальнее, чем практические исследования. Как всякая работа, его имеет недостатки, и мы ему говорили, и оппоненты отмечали. Но я считаю,

что достоинства работы в том, что она имеет продолжение. Была подана заявка в Роснефть на инновационный проект и его рассматриваем. У меня нет сомнения, я буду голосовать за что, он достоин искомой степени доктора геолого-минералогических наук. Спасибо.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Спасибо. Кто еще желал бы высунуть.

Близнюков В.Ю., д.т.н., академик РАЕН, руководитель проекта, Департамент НТР и инноваций, ПАО «НК «Роснефть»

Представленную работу я уже слышал в другой плоскости. Автор докладывал полученные им результаты на научно-техническом совете (НТС) ПАО «НК «Роснефть». Автором и руководимым им коллективом получены хорошие результаты, которые позволили НТС охарактеризовать их как инновационные, включить в программу инновационного развития компании Роснефть, рекомендовать заключить с университетом целевой инновационный проект на тему: «Разработка технологии комплексирование разномасштабных исследований для изучения отложений юрской высокоуглеродистые формации в Западно-Сибирском нефтегазовом бассейне». То есть работа начинается и продолжается. Ждем от Вас научных обоснований и внедрений.

Ступакова А.В., д.г.-м.н., МГУ имени М.В.Ломоносова, член совета

Георгий Александрович Калмыков продолжил те исследования, которые были начаты на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых много лет назад еще Ольгой Константиновной Баженовой. С его приходом на кафедру началась новая волна исследований проблем баженовской свиты. Проблем этих конечно много больше, чем их было изложено сегодня в защищаемой диссертации. Правильно было отмечено предыдущими выступающими, что очень много глобальных геологических проблем, которые затронуты в диссертации. Но что важно, то что мы по кусочкам собираем огромные фундаментальные исследования баженовской свиты Западной Сибири. Сейчас, параллельно, проводятся геологические

исследования касающиеся глубины баженовского моря. Даже у нас на кафедре несколько точек зрения по глубине баженовского моря. Разные исследователи оценивают ее(глубину) от 150 метров до 500. Существует большое количество публикаций на эту тему. Все полученные результаты исследований нужно изучать, нужно наносить на геологическую карту, привязывать к сейсмическим разрезам. Нужно обязательно использовать и опираться на тот огромный фактический материал, который был сегодня вам представлен. Поэтому я воспринимаю эту работу как часть большого научного направления, которое ведется у нас на геологическом факультете, ведется на кафедре геологии и геохимии горючих ископаемых, ведется совместно с кафедрой литологии. Это комплексная большая работа, крупное ядро в которой занимаюсь результаты Калмыкова, которые сегодня были представлены.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

В завершение я скажу несколько слов в продолжение того, что Антонина Васильевна нам сообщила. По размерам баженовский морской водоем - два миллиона квадратных километров - соответствует океану средних размеров. Естественно, мы практически еще ничего не знаем о таком большом водоеме. Такие эпиконтинентальной моря, конечно же, имели свою систему каких-то течений, поверхностных, а может быть и глубинных. Тут были участки, по-видимому, и подъема глубинных вод – апвеллинга, были преобладающие направления ветров, которые приносили какой-то материал с более возвышенных территорий, находящихся рядом. И это продолжалось на протяжении 10 миллионов лет, за которые было накоплено всего 35 метров осадков. Это удивительная ситуация, совершенно уникальная и понять, как там всё происходило очень непросто. В других бассейнах мы ничего подобного не встречаем. Но в этих 35 метрах заключен потрясающий стратегический резерв. По подсчетам И.И.Нестерова по всей территории Западно-Сибирского бассейна в отложениях баженовской свиты мощностью около 35 метров заключено 5 триллионов тонн органического углерода. Надо

сказать, что позднеюрская эпоха проявилась по всему земному шару. Это киммеридж, титон и начало берриаса. Так вот подсчеты органического углерода для всей этой эпохи (в том числе, и я этим занимался) составляют примерно 12 триллионов тонн, из них почти половина в баженовской свите. Это огромный стратегический резерв для нашей страны и работа Калмыкова значительно приблизила нас к реализации этого резерва. Научная работа Калмыкова - очень важная работа прежде всего с практической точки зрения.

Предоставляется заключительное слово соискателю.

Калмыков Г.А. – соискатель.

Спасибо, что заслушали мою работу.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Спасибо. Коллеги мы должны избрать счётную комиссию, чтобы приступить к работе.

Полудеткина Е.Н. – ученый секретарь совета.

Поступило предложение счётную комиссию назначить в составе: Алексеев Александр Сергеевич, Жемчугова Валентина Алексеевна, Кузнецов Виталий Германович.

Есть ли другие предложения? Нет. Тогда, прошу проголосовать, кто за? Против есть? Не вижу. Воздержавшихся нет. Прошу комиссию приступить к работе. Остаться только членам Совета. Остальных прошу выйти.

(Идет и заканчивается голосование.)

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Коллеги, наша счётная комиссия закончила свою работу. Разрешите предоставить слово председателю счётной комиссии Алексееву Александру Сергеевичу.

Алексеев А.С. – председатель счетной комиссии.

Комиссия была избрана для подсчета голосов при тайном голосовании по диссертации Калмыкова Георгия Александровича. Состав диссертационного совета утвержден в количестве 21 человек. Дополнительно введенных в состав не было. Присутствовало на заседании 17 членов совета. В том числе докторов наук по профилю диссертации 9. Роздано бюллетеней 17. Осталось не

розданных бюллетеней 4. Оказалось в урне бюллетеней 17. Результаты голосования: «за» - 17, «против» - нет, «недействительных» - нет.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Я ставлю на голосование. Кто за утверждение протокола, прошу поднять руку. Кто против? Не вижу. Воздержавшихся не вижу. Вот теперь можно поздравить соискателя.

Теперь мы должны утвердить проект заключения. Вам роздан проект заключения.

(члены совета передают свои замечания к проекту заключения председателю совета).

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Коллеги, с учетом замечаний, предлагается проголосовать за утверждение розданного вам Заключения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана и научно обоснована программа исследования колонок керна. Соискатель одним из первых начал использовать профильную спектрометрию естественных радиоактивных элементов, получаемую по колонке керна для привязки глубины отбора керна к глубине проведения спектрометрического гамма-каротажа (СГК). Он первым начал внедрять многоканальную (более 1000 каналов) спектрометрию ГК для исследований баженовской и доманиковой высокоуглеродистых формаций;

научно обоснована методика интерпретации СГК, базирующаяся на комплексном исследовании образцов керна;

разработана методика расчета минерально-компонентного состава пород высокоуглеродистой формации с повышенным содержанием рентгеноаморфных материалов. Автор (совместно с Балушкиной Н.С.) провел исследования порового пространства пород БС на растровом электронном микроскопе (РЭМ) и выявил пористость в керогене баженовских пород на поздней стадии катагенеза (МКЗ-4);

разработан алгоритм выделения нефтеотдающих интервалов по комплексу ГИС. Программа, написанная по алгоритму автора, внедрена им в ОАО «Сургутнефтегеофизика», и используется с 2006 г. по настоящее время;

предложена технология проведения литофизической типизации по данным комплекса ГИС и литологического состава пород. Количество и литофизические типы зависят от состава и набора физических свойств, которые измеряются в комплексе ГИС. Результаты обработки стандартного комплекса ГИС, проведенные под руководством автора, легли в основу разделения разрезов на типы и выработки критериев продуктивности разрезов по латерали;

научно обосновано выделение следующих элементов: естественные и технически стимулируемые коллекторы, являющиеся одновременно нефтематеринскими породами, и локальные флюидоупоры. Локальные флюидоупоры слагаются апорадиоляриевыми карбонатами. Все остальные группы литотипов являются технически-стимулируемыми коллекторами, но при определенных условиях могут стать естественными коллекторами. Все элементы резервуара являются нефтематеринскими;

предложена и обоснована модель порового пространства пород БС и насыщающих его флюидов, учитывающая степень открытости и сообщаемости пор и подвижность углеводородных соединений в поровом пространстве. Модель включает в себя: открытые, сообщающиеся поры, заполненные подвижной нефтью; замкнутые поры, занятые свободной нефтью; сорбированные углеводородные соединения на поверхности пор, воду, сорбированную на поверхности глинистых минералов и гидрофильных капиллярах;

разработана методика оценки в БС объема подвижной нефти; объема УВС, сорбированных твердой фазой, и объема УВС, которые можно получить из керогена при его деструкции. В основе методики лежит совместный анализ петрофизических и геохимических параметров;

предложено проведение оценки ресурсной базы нефти БС - по нескольким типам объемов: подвижной нефти; высвобождаемой нефти – сорбированные УВС и запечатанная ими свободную нефть; «синтетической» нефти (реализация

остаточного генерационного потенциала) – объемы нефти, которые можно получить при деструкции керогена. Потенциальное получение притоков такой нефти обосновано экспериментальными работами по предложению соискателя и при его непосредственном участии;

выработаны принципы прогноза зон различной продуктивности БС на основании совместного анализа результатов разработки (накопленной добычи нефти и коэффициента удельной продуктивности) и геолого-геофизических характеристик пород. Каждая зона характеризуется собственными условиями образования пород: фациальной принадлежностью и положением относительно древних и современных структур, тепловым потоком, глубиной и содержанием ОВ.

Оценка достоверности результатов исследований выявила, что: все представленные в работе результаты **получены** с помощью современного высокоточного сертифицированного лабораторного и скважинного оборудования;

теория **построена** на известных, проверяемых фактах, **согласуется** с опубликованными в литературе данными других исследований;

полученные соискателем результаты **не противоречат** данным, представленным в независимых источниках по данной тематике;

в работе **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации с использованием пакетов прикладных компьютерных программ.

Личный вклад соискателя состоит в:

проведении научной организации исследований, выполнении всех этапов работ от постановки проблемы, разделения ее на задачи, выбора объектов исследований, организации **проведения** лабораторных исследований и их анализа с последующей интерпретацией. Фактическую основу диссертации составляет материал, полученный под руководством соискателя при **изучении** колонок керна БС по более чем 25 скважинам, по программе, составленной и научно обоснованной автором в 1996-2015. Под руководством автора, по алгоритмам, составленным автором, и им лично **обработаны** данные геофизических исследований скважин (ГИС) по пятистам скважинам,

охарактеризованным стандартным комплексом ГИС, и примерно 50-ти скважинам с расширенным комплексом ГИС.

Ценность научных работ соискателя:

Результаты работ легли в основу технических рекомендаций по исследованию колонок керн баженовской свиты для ОАО «НК «Роснефть»». На основании полученных результатов под руководством специалистов ЦГЭ был проведен подсчет запасов и объемов технически извлекаемой нефти Салымского региона территории работ «Юганскнефтегаз» (29 сентября 2014 г. на ЭТС ФБУ «ГКЗ» подход для подсчёта запасов, разработанный с участием соискателя был принят как основной для определения подсчётных параметров для месторождений Салымской группы; 20 сентября 2015 г. по данной методике на баланс «Юганскнефтегаз» были поставлены запасы Малобалыкского месторождения (протокол «ГКЗ Роснедра» №4320)).

Подход к петрофизическим исследованиям и подсчету ресурсного потенциала БС, изложенный автором, был поддержан на научно-методическом совете ГГТ Минприроды России (3-4 декабря 2015г 92-я сессия).

По результатам исследований под руководством автора была заложена скважина, давшая из отложений БС без ГРП приток 5 т/сутки.

Программа обработки и интерпретации комплекса ГИС для выделения нефтеотдающих интервалов в отложениях БС, разработанная по алгоритмам соискателя и под его руководством, была внедрена в ОАО «Сургутнефтегеофизика» и эксплуатируется в этой организации с 2006 г. Технология исследований керн рекомендована и применялась с 2014 г. для исследования высокоуглеродистых пород доманиковой формации на месторождениях ОАО «Роснефть» и «Татнефть».

Диссертационный совет сделал вывод, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

На заседании «28» октября 2016 г. диссертационный совет принял решение присудить Калмыкову Г.А. ученую степень доктора геолого-минералогических наук.

Конюхов А.И. – и.о. председателя совета.

Если замечаний нет, я объявляю об окончании заседания. Поздравим Георгия Александровича. «Аплодисменты»).

Калмыков Г.А. – соискатель.

Спасибо всем большое.

И.о. председателя
диссертационного совета



Конюхов А.И.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Полудеткина Е.Н.

Декан геологического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова,
академик



Пущаровский Д.Ю.

31 октября 2016 г.