

ОТЗЫВ

На диссертационную работу Космачевой А.Ю. **«МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОРИИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПЕРМСКИХ И МЕЗОЗОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВИЛЮЙСКОЙ ГЕМИСИНЕКЛИЗЫ»** на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.12 Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений.

К настоящему времени, несмотря на многолетнюю историю геологоразведочных работ, углеводородный потенциал Вилюйской гемисинеклизы остается полностью не выясненным. По результатам проведенных в последнее десятилетие работ сохраняются перспективы увеличения ресурсной базы центральной Якутии. В этой связи проведенные исследования актуальны. Применение при прогнозных построениях в этом регионе новых технологий, в частности бассейнового моделирования, вполне оправданно. Современные варианты бассейнового моделирования имеют своей целью реконструкции процессов нефтегазообразования с использованием комплекса геофизических, геологических и геохимических данных и последующий выход на прогноз. Поэтому использование такого моделирования, базирующегося на осадочно-миграционной теории образования нефти и газа, рассматривается как хорошее дополнение к традиционным комплексам геологоразведочных работ, проведенным и проводимым на территории Вилюйской синеклизы. В конечном итоге оно направлено на выявление новых объектов углеводородного сырья, что имеет практическое значение не только для республики Саха (Якутия), но и увеличивает экспортные возможности государства в направлении стран Азиатско-Тихоокеанского региона.

Рассматриваемая работа включает Введение, Заключение и четыре главы. Во Введении определены объект исследования, цель, научная задача и защищаемые положения. Исходя из поставленной задачи, в качестве объекта бассейнового моделирования приняты верхнепермские, триасовые и нижнеюрские отложения – основные нефтегазоносные комплексы региона. Это вполне рациональный подход. Круг проблем, касающихся нефтегазоносности региона широк. Например, известно, что для территории Вилюйской гемисинеклизы существуют различные представления о влиянии на нефтегазоносность также доманикоидных пород куонамской формации кембрийского возраста, возможной нефтегазоносности синхронных рифогенных образований, верхнеюрских и даже меловых отложений. Учитывая, что до настоящего времени такие представления имеют гипотетический характер (как в случае с породами куонамской формации) или проявления нафтидов незначительны (верхнеюрские и меловые отложения) при выполнении моделирования эти данные не учитывались. Автором логично определена этапность исследования. Для выполнения работы использован обширный фактический материал, включающий данные по 255 опорным, параметрическим и поисково-разведочным скважинам.

В первой главе представлена история изученности региона, процесса геологоразведочных работ. Показана динамика объемов глубокого бурения и открытия месторождений в период с конца 50-х годов до 90-х годов прошлого века. Во втором

разделе этой главы выполнено описание имеющихся представлений о стратиграфии верхнепалеозойских и мезозойских отложений и палеогеографических условиях их формирования. В следующем разделе дано структурно-тектоническое районирование, приведено описание структур первого и второго порядков. В четвертом, последнем, разделе главы рассмотрена нефтегазоносность Вилуйской синеклизы и обуславливающие ее факторы. Автором выполнено описание имеющихся газоносных объектов, дано нефтегазогеологическое расчленение разреза с обособлением основных НГК (верхнепермский, нижнетриасовый и нижнеюрский). Дана характеристика слагающих их проницаемых комплексов и флюидоупоров. Далее приводится информация о вероятных нефтегазоматеринских комплексах, краткая история их изучения. Согласно данным большинства исследователей в качестве основной нефтегазоматеринской толщи принимаются угленосные пермские отложения. Автором разделяется эта точка зрения. При обогащенности пермского комплекса террагенным РОВ принимается положение о преимущественной газоносности региона. В последнем разделе приводятся сведения о геотермическом режиме недр. Все рассмотренные в этой главе факторы легли в основу проведенного бассейнового моделирования.

В целом по содержанию первой главы, очевидно, что автором выполнены обработка и обобщение имеющегося обширного комплекса геолого-геохимических данных по исследуемой объекту исследования, она хорошо владеет этой информацией. Глава замечаний не вызывает. Можно только отметить один момент, касающийся куонамской формации. На странице 51 есть утверждение- «..согласно анализу геолого-геохимических материалов, предположение о миграции УВ из кембрийского комплекса в пермско-мезозойский не получило подтверждения». По нашему мнению, это не совсем так. Можно привести данные по приповерхностной геохимической съемке на смежной территории Вилуйской гемисинеклизы и Алданской антеклизы (Синкая, Якутская, Усть-Амгинская площади). При этих работах в подпочвенном горизонте, на отдельных пикетах, установлены повышенные концентрации хлороформенного битумоида, достигающие целых процентов, что позволяет предполагать присутствие миграционных нафтидов. Для части таких проб, по особенностям состава фракции насыщенных УВ, можно предполагать генетическую связь нафтидов с РОВ сапропелевого типа. Возможно, что источником этих нафтидов могло быть РОВ куонамской свиты.

Глава вторая посвящена методике исследования (методике бассейнового моделирования). В начале главы представлен исторический обзор становления методики моделирования процессов нефтегазообразования. Подчеркивается, что основой методики являются положения осадочно-миграционной теории нафтидогенеза, предусматривающей стадийность процессов, в ходе которых ярко проявлены главная зона нефтеобразования и позднее главная зона газообразования. Неравномерность процессов образования жидких и газообразных УВ находит отражение в различных классификациях отечественных и зарубежных ученых. Вертикальная зональность, свойственная процессам генерации УВ, обеспечивает теоретическую основу для реконструкций истории развития процессов нефтегазообразования в различных бассейнах. Важным для развития бассейнового моделирования было появление пиролитического метода изучения нефтегазоматеринских пород. На базе пиролитических исследований были построены кинетические модели деструкции керогенов с образованием различных классов УВ, было показано, что

качество и динамика продуктов деструкции керогенов определяются типов ОВ различных материнских пород. В конце 70-х годов прошлого века были представлены первые программы, позволяющие выполнять моделирование температурной истории генерации и первичной миграции в нефтегазопроизводящих породах. Во второй части главы приводится конкретное описание используемой методики моделирования процессов генерации, миграции и аккумуляции УВ применительно к району исследования. Автором регламентированы три основных этапа реализации используемой методики бассейнового моделирования, включающие: 1) создание геологической модели; 2) моделирование геологических процессов; 3) оценка перспектив нефтегазоносности. Далее приводится описание используемых структурно-литологической, геохимической и температурной моделей. Структурно-литологическая модель основана на построении набора структурных карт, информации о перерывах, масштабах изменения палеоглубин бассейна. Для этого проведена интерпретации сейсмических материалов по ряду региональных отражающих горизонтов характеризующих план разновозрастных поверхностей от подошвы триасовых отложений до кровли юрских отложений. Построение модели, на наш взгляд, выполнено корректно, выбор отражающих горизонтов оптимален. Построение этой модели замечаний не вызывает.

В свою очередь дискуссионные моменты можно отметить при составлении геохимической модели. Указывается, что полная информация о литологии, геохимии пермских отложений ограничена одной скважиной – сверхглубокой Средневилюйской-27. Выбор этой скважины естественно очевиден. Далее говорится, что газоматеринские породы перми искусственно разделены на три толщи и процесс созревания ОВ рассмотрен в нижней, средней и верхней частях пермских угленосных образований. Вероятно, что разделение пермских отложений может быть полезно для последующей детализации процессов. Но при этом не ясно, как выполнено это разделение, в границах каких стратиграфических толщ, выделенных ранее в разрезе сверхглубокой скважины, представлены эти части. Не ясно также как соотносятся выделенные части между собой по толщинам? Это упрощение, а также последующая интерполяция имеющихся данных на большую площадь центральной части Вилюйской гемисинеклизы предопределяют дискуссионность построений. Исходная модель плотности теплового потока вполне обоснована. Реконструкции изменения теплового потока опираются на опубликованные представления ряда исследователей, калибровка проводилась по данным измерений отражательной способности витринита. Основным событием в динамике теплового потока было его резкое повышение на рубеже пермского и триасового времени. Это подтверждается установленными данными по пермским отложениям в скважине Средневилюйская -27. Ниже на этом нужно остановиться подробнее.

В третьей главе представлены результаты проведения трехмерного моделирования. В первом разделе главы восстановлена история тектонического развития региона. Раздел хорошо иллюстрируется набором структурных карт по отражающим горизонтам триаса и юры, карт изопахит по основным осадочным комплексам. Главный вывод – решающее влияние на нефтегазоносность Вилюйской синеклизы оказал меловой период. С ним связаны этапы формирования основных крупных структур и зон нефтегазонакопления, составляющих их ловушек УВ. Отмечено также формирование дизъюнктивных

нарушений, рассматриваемых в качестве основных путей разгрузки УВ из пермских отложений в перекрывающие триасовые и нижнеюрские отложения.

Во втором разделе главы представлена авторская модель созревания ОВ пермских отложений. Раздел иллюстрируется картами катагенетической преобразованности для различных частей пермского разреза, построенных на основе применения технологии бассейнового моделирования. На картах показаны уровни катагенеза РОВ на различные временные отрезки. Для верхней части пермского разреза приведена результирующая карта («современная катагенетическая преобразованность ОВ»). В этом разделе необходимо отметить построения для нижней и средней частей пермской толщи, поскольку с ними связаны дискуссионные моменты. Так, для нижней части разреза в центральной части гемисинеклизы выделена обширная зона, соответствующая максимальной градации катагенеза АК на рубеж пермской и триасовой эпох (Рис.20 (б)).

Как известно, кровля пермских отложений, установленная в скважине Средневилуйская - 27 выделяется на глубине 2922 м, глубина подошвы на 6073 м (Граусман, Жерновский, 1986). Таким образом, общая мощность пермских отложений 3151 м. Ниже находятся отложения, датируемые уже каменноугольным возрастом. Представляется сомнительным, что на рубеже пермо-триаса (252 млн. л) ОВ нижней части пермских отложений могло быть преобразовано до градации апокатагенеза. Согласно данным в таблице 1, приводимой в работе, для этого необходимо глубина погружения не менее 5100 м. Даже с учетом постседиментационного уплотнения, вряд ли, исходная толщина пермской толщи к этому моменту превышала 5000 м. Это касается и средней части пермской толщи. Исходя из предшествующих материалов диссертации, объяснение этому можно найти в тепловой истории. Основанием для выводов о повышении теплового потока на рубеже пермской и триасовой эпох, очевидно, служит факт резкого «скачка» катагенеза в разрезе скважины Средневилуйская – 27. Как пишет автор «...это связано с предполагаемым влиянием вблизи скв. Средневилуйская 27 Хапчагайского мегавала внедрения интрузивных тел». В этом же абзаце, в его начале, сказано - «Разница в катагенетической преобразованности ОВ газопроизводящей толщи перми на одних и тех же глубинах на территории Хапчагайского мегавала и Логлорского вала обусловлена особенностями регионального изменения плотности теплового потока». В этой ситуации возникает важный вопрос – это региональное или локальное изменение плотности теплового потока? До настоящего времени, кроме разреза скважины Средневилуйская – 27, подобное резкое изменение уровня катагенеза известно также в пермском разрезе на Чыбыдинской площади (юго-запад Вилуйской гемисинеклизы). Таким образом, это зафиксировано пока только в двух скважинах. В основной массе известных скважин такого явления не наблюдалось. Поэтому, скорее всего, влияние контактового катагенеза на ОВ пермских отложений имеет локальный характер.

В третьем разделе этой главы приведены результаты количественной оценки процессов генерации УВ в пермских отложениях, в ходе катагенеза ОВ. Автором определены временные рамки начала процесса генерации, его последующего развития. В разделе представлены карты суммарных масштабов генерации УВ пермских отложений на различные временные отрезки и также результирующая карта (на современный этап). Распределение показателей плотности генерации УВ закономерно отвечает структурному плану отложений пермского комплекса, уровню катагенетического

преобразования содержащегося в нем ОВ. Приведен суммарный объем генерированных УВ, составивший около 800 трлн м³. Дана также оценка коэффициента трансформации керогена для различных структур Вилуйской гемисинеклизы. Этот раздел замечаний не вызывает.

В последнем разделе главы представлена история формирования месторождений УВ в пермских и мезозойских отложениях. Ключевым фактором формирования месторождений рассматриваются возможности формирования и существование пород-флюидоупоров. Автором освещены современные представления о формировании флюидоупоров в результате прогрессирующего погружения под влиянием литогенетических процессов (уплотнение пород, снижение общей и эффективной пористости). Выделяются классы флюидоупоров, для которых определены значения пористости при наилучших экранирующих свойствах (Ивенсен, 1984, Осипов и др., 2001, Овчаренко и др., 2007). В качестве флюидоупоров приняты глинистые отложения неджелинской и мономской свиты нижнего триаса, а также сунтарской свиты нижне-среднеюрского возраста. Важным моментом можно считать временные рубежи формирования флюидоупоров. В увязке со времен генерации УВ это определяло возможности формирования скоплений УВ. Так, по оценке автора из-за отсутствия литифицированных флюидоупоров триаса и юры предполагается потеря на рассеивание 90% генерированных пермским комплексом УВ. По модели автора, это было обусловлено «опережением» во времени процессами генерации УВ процессов формирования флюидоупоров. Данное обстоятельство касается УВ, генерированных ОВ нижней и средней частей пермского комплекса отложений. Как отмечалось выше, при рассмотрении модели термического созревания, для этих частей пермского разреза предполагается достижение градаций катагенеза и интенсивная генерация УВ к рубежу перми и триаса. К этому времени триасовые флюидоупоры еще не были сформированы. Кроме того, часть из 90% рассеявшихся УВ (130 трлн м³) была потеряна до раннемеловой эпохи по причине низкой литификации нижнеюрского флюидоупора (сунтарской свиты).

На наш взгляд, удачной иллюстрацией процессов формирования залежей является построенная автором Диаграмма геологических событий для верхнепалеозойско-мезозойской нефтегазовой системы (Рис. 31). Здесь на фоне геохронологической шкалы представлена временная последовательность литификации флюидоупоров, перерывов в осадконакоплении, основного этапа формирования структур, генерации, рассеивания и аккумуляции УВ.

В этом разделе автор уделяет внимание также возможностям формирования скоплений жидких УВ. Хотя известно, что имеющиеся небольшие нефтяные оторочки в газоконденсатных залежах Вилуйской синеклизы по особенностям своего состава свидетельствуют о генетической связи с гумусовым ОВ, тем не менее, обращается внимание на породы сунтарской свиты с примесью сапропелевого ОВ. Для пород сунтарской свиты построена карта катагенетической превращенности. При этом для центральной части гемисинеклизы уровень катагенеза соответствует условиям главной зоны нефтеобразования.

Заключительная глава диссертации посвящена авторской оценке перспектив нефтегазоносности пермских и мезозойских отложений Вилуйской гемисинеклизы.

Автором предварительно выполнено уточнение строения разреза путем сопоставления ряда региональных профилей составленных на основе интерпретации геолого-геофизической информации, материалов ГИС. Далее дано описание параметров выделенных нефтегазоносных комплексов, составляющих их проницаемых и экранирующих частей, распределение скоплений УВ. Большое внимание уделено характеристике флюидоупоров мономской, неджелинской свит триаса и сунтарской свиты нижней юры. Достижением автора является построение набора карт изопахит, иллюстрирующих распределение флюидоупоров с различными изолирующими свойствами на площади Вилуйской гемисинеклизы.

Во втором разделе главы дана дифференциация площади исследования по степени перспективности. В начале раздела приведен набор факторов, которые учитывались при проведении раздельной оценки различных частей района исследований. В качестве таковых приняты структурные карты по основным отражающим горизонтам, карты толщин коллекторов и глинистых флюидоупоров, карты суммарных масштабов генерации УВ пермскими отложениями от момента формирования флюидоупоров нижнего триаса до настоящего времени, карта катагенетической преобразованности ОВ сунтарской свиты и результаты испытания скважин. Основная часть этих факторов охарактеризована при выполнении бассейнового моделирования. По сочетанию вышеуказанных факторов выделены категории земель различной перспективности, а также бесперспективные земли. Ниже, учетом сформулированных критериев дается характеристика верхнепермского, нижнетриасового и нижнеюрского нефтегазоносных комплексов. Раздел сопровождается набором карт перспектив для каждого комплекса. Можно констатировать, что, исходя из используемых автором критериев и результатов бассейнового моделирования, построения выполнены корректно. Построения для верхнепермского и нижнетриасового комплексов принципиально сходны. Основные перспективы связаны с центральной частью гемисинеклизы. Низкоперспективные земли, выделяемые в пределах районов наибольшего погружения (Линденская, Лунгхинско-Келинский впадины) различаются только по площади. Отдельного внимания заслуживают земли, оцениваемые автором, как земли невыясненных перспектив. Ниже это будет прокомментировано подробнее. Для нижнеюрского комплекса сохраняются перспективы увеличения ресурсной базы УВ в пределах известных газоносных районов. Также нужно указать на пару мелких замечаний по содержанию этого раздела. На странице 123 есть фраза – «На Бадаранской площади приток не зафиксирован». Вероятно, здесь речь идет о Быраканской площади. На странице 127, рисунок 44. На наш взгляд, на этом рисунке путаница в условных обозначениях. Перепутаны №№ 7 и 8. Судя по тексту и окраске полигонов, № 7 соответствует землям невыясненных перспектив, № 8 – бесперспективные земли.

В заключении автором даются основные выводы, полученные в результате выполнения работы. Отмечается, что остаются задачи, рассмотрение которых при существующей степени изученности невозможно. Но дается ряд рекомендаций, включающих доизучение сейсморазведкой на известных месторождениях, проведение региональных сейсморазведочных работ на территории Линденской и Лунгхинско-Келинской впадин. Перспективы дальнейшей разработки темы автором связываются с изучением истории формирования залежей УВ в отложениях средней - верхней юры и

мела. Представляется, что, за исключением некоторых пограничных районов Вилуйской синеклизы и Предверхоянского прогиба, подобные исследования вряд-ли актуальны. Больше внимания заслуживает последняя фраза диссертации – «...на южном и северо-западном склонах Вилуйской гемисинеклизы необходимы уточнение геологического строения территории и поиск ловушек УВ». Уже давно существует проблема выявления на территории Вилуйской гемисинеклизы крупных структур, фонд имеющихся фактических исчерпан еще в 90-е годы прошлого столетия. В этой связи, рядом исследователей в последние десятилетия обосновывается новое направление ГРП – поиск литологических и литолого-стратиграфических ловушек УВ в зонах выклинивания пермских и триасовых отложений. На наш взгляд, наиболее интересен в этом отношении южный склон гемисинеклизы. Так, специалисты ИПНиГ Якутского филиала СО РАН связывают перспективы прироста ресурсов УВ в регионе именно со смежными районами Вилуйской гемисинеклизы и Алданской антеклизы (Сафронов, 2006, Сивцев, Чалая, Зуева, 2016, Погодаев, 2019). Автор настоящего отзыва разделяет такую точку зрения, основываясь на результатах комплексных геолого-геофизических работ в зоне сочленения гемисинеклизы и Алданской антеклизы (Соболев, 2021). Согласно этим представлениям, территории перспективные на выявление скоплений УВ в зонах выклинивания пермских и триасовых отложений Вилуйской синеклизы совпадают с территориями, выделенными на картах перспектив верхней перми и нижнего триаса в качестве земель невыясненных перспектив (Рис.42,43). Представляется, что их можно отнести и к перспективным землям

Завершая отзыв можно сделать следующие выводы.

Рассматриваемая диссертация представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, содержащее решение поставленной научной задачи. Автором создана модель пермско-мезозойской нефтегазовой системы, базирующаяся на современной осадочно-миграционной теории нефтегазообразования, по комплексу критериев выполнен прогноз перспектив нефтегазоносности верхнепермских, нижнетриасовых и нижнеюрских отложений Вилуйской гемисинеклизы.

Кроме вышеотмеченных актуальности и практической значимости работа несет элементы научной новизны. Для рассматриваемой территории впервые применена методика бассейнового моделирования совместно с геофизической, геологической и геохимической информацией. В рамках подхода детально восстановлена история процессов генерации, миграции и аккумуляции УВ во временном сопоставлении с формированием основных флюидоупоров и этапом формирования главных структур и ловушек УВ. Обоснован и выполнен вариант оценки потерь УВ, генерированных пермскими нефтегазоматеринскими отложениями, до формирования региональных флюидоупоров. В ходе этих работ впервые составлен набор карт, иллюстрирующих разные этапы созревания ОВ пермских отложений, генерации УВ, площадного распространения флюидоупоров.

Полученные автором выводы, рекомендации, работа в целом, имеют существенное значение. Они, несомненно, вызовут большой интерес для специалистов, занимающихся проблемами нефтегазоносности и практического освоения региона.

В основе работы лежит большой и разноплановый материал обработанный автором, в совокупности с полученными результатами, это свидетельствует о большом личном вкладе автора, самостоятельно выполненном исследовании. Работа хорошо организована, обладает внутренним единством и системностью. Основные положения диссертации опубликованы автором лично и в соавторстве в ряде изданий, в том числе в рецензируемых, рекомендованных ВАК. Содержание диссертации и рефераты находятся в соответствии.

Все вышесказанное дает нам основание считать, что рассматриваемая работа Космачевой А.Ю. отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученой степени. Автор заслуживает искомой степени кандидата геолого-минералогических наук.

Соболев Петр Николаевич, 630084, г. Новосибирск, Авиастроителей 12, кв. 9.

Тел. 8-913-204-81-86

SobolevPN@rusgeology.ru

630091, г. Новосибирск, Красный пр-т 67. АО Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья. Зав. Лабораторией, кандидат геолого-минералогических наук.

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

22.08. 2022 г.

Соболев П.Н.