

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Ярославцевой Е.С. на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

### «ГЕОЛОГИЯ, ИСТОРИЯ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОРОДОВ В КЕМБРИЙСКОМ ОЧАГЕ НЕФТЕГАЗООРАЗОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КУРЕЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ»

По специальности 1.6.11 – геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений.

Рассматриваемая работа направлена на обоснование нового, очень крупного, направления ГРП в Восточной Сибири, связанного с кембрийским комплексом отложений Курейской синеклизы на северо-западе Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции. Естественно, в силу объективных причин, этот регион остается пока заделом на будущее. Тем не менее, к разведке и освоению прогнозируемых ресурсов УВ кембрийских отложений Курейской синеклизы недропользователи и государственные структуры в перспективе, несомненно, придут. Следует отметить, что территория исследований находится недалеко от активно развивающихся районов устья р. Енисей, где создается мощный район нефтегазодобычи, строится крупный терминал по транспортировке УВ сырья по Северному морскому пути. Здесь же функционирует Норильский промышленный район. Поэтому работа, выполненная автором, актуальна и имеет практическое значение.

Диссертация состоит из введения шести глав и заключения. Во введении сформулированы необходимые стандартные пункты диссертации - цель, основная задача исследования, основные результаты и защищаемые положения, методика работы, фактический материал и др. В отличие от ряда публикаций, вышедших в период 2010 – 2022 г.г, в которых давался общий положительный прогноз региона (Старосельцев и др. 2013, Филиппов и др. 2014, Масленников и др., 2021 и др.) автором диссертации решалась одна из задач современных систем бассейнового моделирования по созданию числовой модели динамики генерации нефти и газа в куонамской формации Курейской синеклизы на дотрапповый этап, геологической истории региона и оценке масштабов генерации УВ.

В первой, довольно крупной по объему, главе выполнено краткое описание истории изученности объекта. Большой раздел посвящен стратиграфии осадочного чехла, включающего древнейшие рифейские осадочные образования, венд, все системы палеозоя и мезозойские отложения. Наиболее подробно описан объект исследований -

кембрийские отложения. Дано повитное описание кембрийских образований трех известных фациальных регионов на территории Сибирской платформы. Далее приведены подразделы, посвященные краткой истории геологического развития, описанию основных крупных отрицательных и положительных структур. В следующем подразделе приведены современные представления о палеогеографии региона в кембрийский период геологического развития. В заключительном подразделе главы (Нефтегазоносность) приведены сведения об установленных зонах нефтегазонакопления на прилегающих к Курейской синеклизе крупных структурах (Собинская, Таначи-Моктаконская, Курейско-Бакланихинская), а также о потенциальных зонах нефтегазонакопления в пределах Курейской синеклизы с прогнозом возможных продуктивных горизонтов. По 1-й главе есть мелкое замечание. На Рис.5.1 (Фрагмент тектонической карты). Здесь в подрисовочных подписях, под одинаковым номером (1) обозначены Курейская синеклиза и Анабарская антеклиза.

Во второй главе рассмотрены вероятные нефтегазоматеринские толщи северо-западной части Лено-Тунгусской НПП большого стратиграфического диапазона ( $R - Pz_3$ ). Сделан вывод о том, что наряду с породами куонамского комплекса в разрезе имеются другие многочисленные и разновозрастные НГМТ.

По этой главе можно добавить, что в составе венда также в качестве нефтегазоматеринской толщи выделяются породы оскобинской свиты, а в девоне отложения каларгонской свиты франского яруса, формировавшиеся на севере Курейской синеклизы в ходе максимальной трансгрессии и обладающие, вероятно, лучшими в девонском разрезе геохимическими показателями. Кроме того, надо иметь в виду, что силурийские отложения чамбинской свиты (граптолитовые сланцы) присутствуют в разрезе и на северо-востоке Курейской синеклизы. При описании верхнего палеозоя указано, что эти отложения распространены на площади Норильской мульды. Не только на площади этой мульды, а во всем Норильском районе, за исключением площади Хантайско-Рыбнинского мегавала, где эти отложения эродированы.

Заключительные подразделы этой главы посвящены описанию геохимии органического вещества куонамской свиты и ее фациальных аналогов. Здесь рассмотрены закономерности распределения в куонамской формации концентраций органического вещества и дано обоснование методики построения карт распределения органического углерода. Результирующие материалы сформированы в виде набора карт толщин пород куонамского комплекса с определенными интервалами значений концентраций органического углерода на этап до начала катагенеза РОВ. По существу, была выполнена

реконструкция содержаний РОВ до стадии катагенеза. Говоря о принятой методике картирования, следует отметить, что в условия почти полного отсутствия прямой информации по разрезам Курейской синеклизы принятый подход можно считать оптимальным. Автором использованы известные зависимости радиоактивности от содержаний в породах РОВ. Такие зависимости применимы для различных доманикоидных пород (баженовская свита, доманик). Доказаны они и для пород куонамской свиты. Например, в разрезах бассейна рр. Муна, Кюленке, скважины Усть-Майская 366 по данным гамма-спектрометрии установлено, что в породах этой свиты в повышенных количествах присутствуют такие элементы как U-238, Th -232, R-40, определяющие высокий фон радиоактивности пород.

В целях оценок прогнозных концентраций Сорг автором использованы каротажные данные для всех скважин, где вскрыты соответствующие отложения на Курейской синеклизе и прилегающих территориях. В связи с высокой катагенетической преобразованностью РОВ куонамской формации на территории Курейской синеклизы, для реконструкции докатагенетических концентраций РОВ использовались разработанные коэффициенты трансформации. Анализ каротажных кривых по скважинам позволил оценить толщины пород с принятыми интервальными значениями содержаний Сорг ( $> 1,0\%$ ,  $1,0-5,0 \%$ ,  $> 5\% -10 \%$  и более  $10,0 \%$ ). Далее на этой основе были выполнены построения схематических карт толщин куонамского комплекса с указанными интервалами концентраций органического углерода. Эти построения представляют собой первое защищаемое положение диссертации. При этом важно, что общие толщины куонамского комплекса в большинстве разрезов относительно стабильны (24 – 48 м). Исключение составляют разрезы скважин Баппагайская 1, Уордахская 1, Северо-Линденская 1 (где мощность отложений превышает 60 м). В Ламско-Хантайском мегапрогибе, аналоги куонамской свиты (шумнинская свита) имеют максимальную мощность. По разделу можно сделать некоторые замечания. На стр. 65, второй сверху абзац есть фраза « ...в разрезе скв. Чириндинская в интервале глубин 4364 – 4366 м интенсивность излучения превышает 20 Мкр/ч в интервалах суммарной мощностью 25 м». Здесь, очевидно, опечатка. На Рис.2.3, на карте толщин пород куонамского комплекса с концентрациями  $C_{орг} > 10\%$ , в разрезе р. Муна, таких пород 3 м. По нашим данным их, вероятно, не меньше 5-8 м. Это один из наиболее конденсированных разрезов на территории Анабарской антеклизы.

В главе 3 рассмотрены основные методические приемы бассейнового моделирования, его современное состояние. Описана структура всей системы

бассейнового моделирования, состоящая из ряда основных блоков – структурно-литологическая модель, термобарическая модель, модель генерации УВ и др. Степень достоверности моделей, использование различных допущений зависят от степени изученности объекта. Учитывая низкую степень изученности рассматриваемого объекта, автором принято решение использовать одномерные модели по разрезам имеющихся скважин, для которых строение разрезов, литология слагающих разрез пород априорно были установлены. Это давало возможность для выбора возможных палеотемператур и палеогradientов – параметров, позволяющих построить региональные трехмерные модели генерации УВ куонамском комплексе отложений. Был принят многовариантный подход с использованием различных значений палеогradientов на время до внедрения триасовых траппов. В качестве замечания можно указать на то, что в первом абзаце третьей главы в качестве основной задачи звучит «модель динамики генерации нефти и газа в протерозойско-палеозойском осадочном чехле». На самом деле речь идет только о куонамском комплексе нижнего-среднего кембрия.

Последующие 4-6 главы представляются основными и результирующими в диссертации при решении основной задачи и формулировке защищаемых положений. В главе 4 выполнено построение структурной и термобарической моделей объекта, дана характеристика генерационного потенциала пород куонамского комплекса. В первом разделе составлен набор палеоструктурных карт по кровле куонамского комплекса на ряд временных отрезков от конца кембрийского периода до начала пермского периода. При этом автором привлечен очень большой объем материалов структурных, палеогеографических построений и литолого-стратиграфических разбивок выполненных специалистами СНИИГГиМС, ИНГГ СО РАН, ВНИГНИ и др. организаций. При выполнении указанных построений принят ряд допущений, обусловленных очень низкой изученностью строения разреза (не учет перерывов в ходе осадконакопления, не учет возможного уплотнения пород при погружении). Однако, на текущем этапе изученности региона результаты построений можно признать удовлетворительными.

Далее, в разделе 4.2, оценивается возможная палеотемпературная модель осадочного чехла на дотрапповый этап. Реконструкция палеотемпературного режима в данном случае также представляется сложной задачей в силу слабой изученности осадочного чехла и, соответственно, отсутствия теплофизических характеристик пород. Сложно также использовать данные по отражательной способности витринита верхнепалеозойских углей, поскольку именно верхнепалеозойский уровень в регионе максимально насыщен пластовыми интрузиями долеритов. Вследствие этого фиксируется

очень широкий диапазон ОС витринита от буроугольной до антрацитовых стадий. Это не дает возможности выполнить региональные построения на дотрапповый период. В этой ситуации автором используется одномерное моделирование становления температурного поля для нескольких скважин, с имеющимися данными о составе пород. Далее, основой для палеотемпературных построений послужили общетеоретические представления об эволюции тепловых потоков в земной коре для региональных структур различного генезиса. Учитывалось распространенное представление о том, что тепловые потоки на платформенных структурах имеют тенденцию снижения с течением времени. Предполагается также, что в дотрапповый период температурные градиенты на территории Курейской синеклизы были существенно выше современных градиентов. В итоге сделано предположение о том, что температурный градиент в разрезе Курейской синеклизы на дотрапповый период был не ниже  $35^{\circ}\text{C}/\text{км}$ .

В заключительном подразделе 4-й глава оцениваются возможные генерационные характеристики отложений куонамского комплекса, для которого пиролитические данные (значение водородного индекса) на территории Курейской синеклизы пока практически отсутствуют. С целью принятия исходных значений водородного индекса были использованы многочисленные данные по известным разрезам на территории Анабарской и Алданской синеклиз. Автором принято усредненное значение в 500 мг УВ/ г Сорг. С учетом этого составлена схема распределения исходной массы лабильной части керогена куонамской свиты и ее аналогов для территории Курейской синеклизы. Эти построения составляют второй, защищаемый результат диссертации. В свою очередь кинетические параметры были определены при специализированном изучении сравнительно низко преобразованных образцов из скв. Тит-Эбь, Усть-Майская 366 на Алданской синеклизе и скважины на Серкинском участке Анабарской синеклизы. (На наш взгляд, наиболее удачным для этой цели может быть разрез на р. Арга-Сала, где уровень катагенеза еще ниже и соответствует грациям ПК-МК<sub>1</sub>).

В пятой главе работы подробно рассматриваются результаты одномерного моделирования структурно-термической эволюции осадочного чехла Курейской синеклизы. Моделирование выполнялось на базе ранее подготовленных структурно-литологических моделей для имеющихся в пределах района развития куонамского комплекса скважин (Чириндинская 271, Фокинская 225, Нижнеимбакская 219) и также скважины Ледянская 3. Для определения уровня зрелости РОВ на дотрапповый период были использованы реконструкции температурной истории осадочного чехла с целью получения расчетных значений отражательной способности витринита. По этим

значениям, в свою очередь, оценивалась степень катагенеза. Полученные результаты проиллюстрированы на соответствующих рисунках. Выполненное моделирование дало основание для вывода о средних значениях геотермического градиента, используемого для трехмерного моделирования процессов прогрева отложений и оценок процессов генерации УВ в куонамском комплексе района исследования.

Шестая, заключительная глава посвящена моделированию собственно истории погружения, прогрева осадочного чехла и генерации УВ в куонамском комплексе Курейской синеклизы. В первой части главы с использованием структурной модели (фактически истории погружения) и принятого палеогеотермического градиента составлен ряд карт распределения палеотемператур на различные временные отрезки истории – от конца кембрийской эпохи до пермской эпохи. Далее, при выполнении моделирования процессов генерации УВ проведено 6 вариантов расчетов. Они включали использование трех вариантов геотермического градиента ( $35^{\circ}\text{C}/\text{км}$ ,  $40^{\circ}\text{C}/\text{км}$  и  $45^{\circ}\text{C}/\text{км}$ ). Для каждого из вариантов, условно приняты два возможных сценария процессов генерации. В одном случае допускается, что в ГФН большая часть генерированных УВ (нефть) мигрирует из нефтематеринских пород в зоны, где далее не подвергается термическому крекингу при повышении температур. Во втором случае генерированные УВ не мигрируют из нефтематеринских пород и при последующем погружении подвергаются термическому крекингу с образованием УВ газов и углеродистого остатка (нефтяного кокса). Предварительно, для разных сценариев геотермического градиента строились карты трансформации керогенов для соответствующих отрезков истории. Этот раздел иллюстрируется большим количеством рисунков

Согласно выполненным построениям при любых вариантах расчетов в куонамском комплексе выделено два палеоочага разномасштабных по интенсивности генерации УВ – Туринский и Ламско-Хантайский. Очевидно, что главный из них по масштабам генерированных УВ Туринский палеоочаг. Выделение этих очагов и их генерационные характеристики формируют третье и четвертое защищаемые положения выполненной работы. Общее количество генерированных УВ на территории исследования составило весьма значительную величину - около 670 млрд. т. В заключение автором предложен вариант оценки суммарных ресурсов на конец дотраппового периода в интервале 6-67 млрд. т УУВ. Это логично и методически правильно. Но в связи с тем, что автором также озвучена экспертная оценка современных ресурсов УВ, связанных с генерационным потенциалом куонамского комплекса в 10 млрд. т УУВ, можно сделать замечание. Нижняя оценка на дотрапповый этап истории в 6 млрд. т УУВ вряд-ли может возрасти в

ходе дальнейшей истории. Очевидно, что в результате внедрения траппов можно ожидать обратный эффект, то-есть потерю части ресурсов. В целом, полученные оценки можно считать одним из первых авторских вариантов. Безусловно, будут и будущие уточняющие оценки, которые также будут меняться в зависимости от степени изученности ГРП региона.

Заклячая рассмотрение диссертации Ярославцевой Е.С. Можно сделать следующие выводы.

Выполненная работа представляет собой первое наиболее полное применения методики бассейнового моделирования для пород куонамского комплекса кембрия на рассматриваемой территории и имеет элементы научной новизны. Как отмечалось в начале отзыва, работа уже на текущий момент актуальна и имеет практическое значение. В основе работы лежит очень большой объем фактического материала, включающего региональные структурные построения, материалы скважин, имеющихся в районе работ и смежных территорий (материалы ГИС, аналитических исследований керна). Также это разнообразные сведения о геохимических и кинетических параметрах пород куонамского комплекса, полученных в предшествующие годы.

Очевиден также личный вклад автора, которым выполнена систематизация большого объема фактического материала, сформулированы основные положения диссертации, включающие построение набора карт толщин куонамского комплекса в различной степени, обогащенных РОВ, численное моделирование истории формирования осадочного чехла региона, моделирование палеотемпературной истории, выделение палеоочагов нефтегазообразования и моделирование многовариантных схем генерации УВ. Диссертация хорошо структурирована. Она представляет собой самостоятельно выполненную научно-квалификационную работу, имеющую заверченный характер и содержащую решение поставленной научной задачи, а также содержит научные результаты и положения, предоставленные для защиты.

Степень достоверности полученных результатов и выводов обусловлена, во-первых, тем, что в основе исследований лежат положения осадочно-миграционной теории нефтегазообразования, признанной во всем мире. Состоятельность ее доказана многолетним опытом ГРП в различных регионах, в том числе, на территории Лено-Тунгусской НПП. Во-вторых, важно, что автором привлечен большой фактический материал по геохимии и кинетике РОВ пород куонамского комплекса, а при моделировании термобарической истории и процессов генерации УВ использован

программный комплекс Temis, нашедший признание и широко используемый во многих нефтегазодобывающих компаниях и научных учреждениях.

Основные результаты, освещенные в диссертации, ранее были опубликованы, в том числе, в журналах, рекомендуемых для защиты ВАК (4 работы). Можно также отметить, что рубрикация, основные разделы диссертации, защищаемые положения и результаты приведены также в автореферате.

Имеющиеся в настоящей рецензии замечания имеют, по большей части, рекомендательный характер, направленный на дополнение или уточнение частных моментов и заключений. Эти замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Все вышеизложенное дает нам основание считать, что рассматриваемая работа Ярославцевой Е.С. 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. 8-913-81-86

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

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

11.12.2025 г



Соболев П.Н.

Подпись Соболева П. Н.  
Заверено  
Вед. специалист по  
дистанционной  
Картавицко М. В.  
12.12.2025