

На правах рукописи



ЯРОСЛАВЦЕВА Екатерина Сергеевна

**ГЕОЛОГИЯ, ИСТОРИЯ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ В
КЕМБРИЙСКОМ ОЧАГЕ НЕФТЕГАЗООБРАЗОВАНИЯ И
ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ
ЧАСТИ КУРЕЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ**

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

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель:

БУРШТЕЙН Лев Маркович, член-корреспондент РАН, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник ИНГТ СО РАН, заведующий лаб. теоретических основ прогноза нефтегазоносности.

Официальные оппоненты:

Лебедев Михаил Валентинович,

доктор геолого-минералогических наук,

ООО «РН-Геология Исследования Разработка», эксперт Управления геологоразведочных работ – Западная Сибирь (г. Тюмень).

Соболев Петр Николаевич,

кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, АО "Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья" (г. Новосибирск).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (г. Москва).

Защита состоится 29 января 2026 года в 15 часов в большом конференц-зале на заседании диссертационного совета 24.1.087.03 по адресу: 630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3

Отзыв в двух экземплярах, оформленный в соответствии с требованиями Минобрнауки России (см. вклейку), просим направлять по адресу: 630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3; факс (383) 330-28-07; e-mail: KostyrevaEA@ipgg.sbras.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ИНГТ СО РАН <http://www.ipgg.sbras.ru/dissertations/yaroslavtceva2025/dis-Yaroslavtceva.pdf>

Автореферат разослан «21» ноября 2025 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета
24.1.087.03, к.г.-м.н.



Е.А. Костырева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности.

Стагнация традиционных нефтегазодобывающих районов и комплексов приводит к необходимости выбора новых перспективных объектов поисков месторождений нефти и газа. С этой точки зрения Курейская синеклиза – один из крупнейших слабоизученных внутриконтинентальных осадочнопородных бассейнов мира – представляет безусловный интерес.

В осадочном чехле этой территории рядом отечественных ученых прогнозируются значительные ресурсы углеводородов (УВ) (Конторович, 1976; Геология нефти и газа..., 1981; Баженова и др., 1971; Конторович и др., 2017; Масленников и др., 2021; Варламов и др., 2023). Все это определяет **актуальность** настоящей работы.

Сложность исследования Курейской синеклизы связана с ее слабой изученностью и проявлением на этой территории в перми-начале триаса интенсивного траппового магматизма.

Влияние траппового магматизма на нефтегазоносность на территории Сибирской платформы изучалось А.Э. Конторовичем, Н.В. Мельниковым, В.С. Старосельцевым, А.В. Хоменко, А.О. Гордеевой, В.А. Асташкиным, Б.Б. Шишкиным и другими специалистами. В их публикациях даны основные критерии, определяющие влияние интрузий на перспективы нефтегазоносности. В работе (Конторович, Хоменко, 2001) сформулированы базовые принципы оценки ресурсов углеводородов бассейнов с проявленным трапповым магматизмом. Предложенный методический подход предполагает реализацию в три этапа.

На первом этапе выполняются реконструкции дотрапповой истории развития осадочного чехла и катагенеза ОВ заключенных в нем нефтегазопроизводящих толщ (НГПТ), моделирование масштабов генерации, миграции и аккумуляции нефти и газа, оценка ресурсов углеводородов.

На втором и третьем этапах восстанавливается размещение магматических тел в осадочном чехле и проводится реконструкция максимальных температур нагревания осадочных пород. Основные принципы, на которые опирается эта реконструкция, отражены в работах (Лиханов, Тен, 1991; Конторович и др., 1995; Ревердатто, Волкова, 1983; Ревердатто, Меленевский, 1986; Конторович и др., 1996). На основе этих построений выделяются зоны с различной степенью прогрева пород и зоны, в которых ОВ НГПТ еще способно было генерировать углеводороды в пострапповый период, определяется степень сохранности уже

сформированных скоплений и выполняется окончательная оценка ресурсов УВ.

Согласно классификации, принятой в работе (Конторович, Хоменко, 2001), центральная часть Курейской синеклизы относится к бассейнам, в которых основные НГПТ к началу эпохи траппового магматизма уже в основном исчерпали свой генерационный потенциал. Однако это заключение, несомненно, требует дополнительного обоснования. Одним из возможных подходов к такому обоснованию является количественное моделирование процессов нефтегенеза в осадочном чехле исследуемой территории.

Настоящая работа направлена на решение задачи первого этапа – моделирования генерации углеводородов и оценка ее динамики и масштабов в период до начала траппового магматизма для основной палеозойской нефтегазопроизводящей толщи региона – куонамской свиты и ее аналогов.

Обоснование возможных НГПТ, очагов генерации углеводородов в осадочном чехле территории, оценка возможных путей миграции нефти, анализ факторов формирования и размещения коллекторов в осадочном чехле исследуемой территории, представлены в трудах (Геология нефти и газа, 1981, Конторович, 1976, 1999, Старосельцев и др., 1990; Баженова и др., 1971, 1972, 1981; Битнер, 2020; Масленников и др., 2021; Филипцов и др., 2014; Вараксина и др. 2017 и др.).

В осадочном чехле смежных с Курейской синеклизой территорий установлены обогащенные органическим веществом толщи рифейского, вендского и палеозойского возрастов (Болдушевская и др. 2007, 2009; Баженова и др. 1971; Масленников и др. 2021, Соболев и др. 2010). Их развитие предполагается и в пределах Курейской синеклизы (Баженова и др., 2014). В депрессионных зонах осадочного чехла Курейской синеклизы выделяют Туринский и Ламско-Хантайский очаги нефтегазообразования (Конторович и др. 1999, Губин и др., 2018; Ярославцева и др., 2024).

Наиболее значимые перспективы исследуемой территории, вероятно, связаны с кембрийским комплексом, в котором роль НГПТ могут выполнять обогащенные органическим веществом породы куонамской свиты (и ее аналогов) ниже-среднекембрийского возраста (Геология... 1981; Конторович и др., 1999; Баженова, 2019; Губин и др., 2018), что обосновано сочетанием следующих благоприятных факторов:

- 1) распространение в центральной части территории куонамской НГПТ и ее аналогов, подтвержденное глубоким бурением и сейсмическими работами (Конторович и др., 1999; Геология нефти и газа, 1981; Дивина и др., 1996; Филипцов и др., 2014; Губин и др., 2018);

- 2) пересекающая центральную часть территории региональная

нижне-среднекембрийская система рифоподобных построек (Конторович, 2015; Губин и др., 2018);

3) установленный по сейсмическим данным перекрывающий куонамскую НГПТ клиноформный комплекс майского века, породы которого по аналогии с изученным комплексом неокома Западной Сибири могут выполнять роль коллекторов (Филипцов и др. 2014; Губин и др. 2018).

Таким образом, **объектом** исследования является обогащенная ОВ куонамская нефтегазопроизводящая толща нижнего-среднего кембрия и ее возможные аналоги центральной части Курейской синеклизы.

Цель работы – повышение степени достоверности прогноза перспектив нефтегазоносности Курейской синеклизы на основе моделирования истории развития ее основной нефтегазопроизводящей толщи – куонамской свиты и ее аналогов.

Для достижения поставленной цели решалась следующая **научная задача** – на основе данных о строении разреза, свойствах рассеянного органического вещества (РОВ) сформировать количественную модель динамики генерации нефти и газа в нижне-средне кембрийском комплексе протерозойско-палеозойского осадочного чехла центральных районов Курейской синеклизы (Туринский очаг нефтегазообразования) и смежных районов (Ламско-Хантайский очаг) на дотрапповый период и оценить масштабы генерации УВ.

Этапы работы:

- сбор и подготовка фактического материала, формирование базы данных на основе результатов структурных, литологических, палеогеографических исследований, сведений о тепловом режиме недр, геохимии органического вещества (ОВ) потенциальных НГПТ и др.;
- построение трехмерной структурной модели осадочного чехла изучаемой территории;
- реконструкция истории его формирования
- обоснование вариантов тепловой истории с использованием одномерных моделей скважин Чириндинская-271, Нижнеимбакская-219, Ледянская -2, Фокинская-225;
- обоснование исходных на начало мезокатагенеза геохимических характеристик куонамской свиты и ее аналогов;
- построение схем распределения толщин куонамской свиты и ее аналогов с содержанием $C_{орг}$ 1-5%, более 5% и более 10% на породу;
- трехмерное численное моделирование динамики процессов генерации УВ на дотрапповый период;
- интерпретация полученных результатов.

Методика исследования.

Как говорилось выше, одним из элементов прогноза нефтегазоносности осадочно-породных бассейнов является оценка масштабов генерации углеводородов НГПТ. Такие оценки для рассматриваемой территории приведены в работах (Баженова и др., 2014; Баженова, 2019; Соболев и др., 2010; Масленников и др., 2021; Баженова и др., 1971, 1972, 1981;) и выполнены преимущественно с использованием объемно-генетического метода.

В рамках объемно-генетического подхода возможна оценка общих масштабов новообразованных УВ. Для оценки динамики генерации более адекватные результаты дает историко-геологический (генетический) подход (Вассоевич и др. 1971). Историко-геологический подход (известный так же как «бассейновое моделирование») предполагает реконструкцию динамики реализации генерационного потенциала НГПТ на основе истории геологического развития рассматриваемого бассейна. Это позволяет в дальнейшем сопоставить динамику и масштабы генерации углеводородов со временем литификации флюидоупоров и формирования коллекторов и с учетом предположений о путях миграции вещества прогнозировать характер и размещение залежей нефтидов. Историко-геологический подход также позволяет прогнозировать объемы углеводородов, сгенерированных к началу траппового периода, и оценить остаточный генерационный потенциал органического вещества НГПТ. Результаты историко-геологического моделирования динамики и масштабов генерации УВ в осадочном чехле Курейской синеклизы опубликованы в работах (Конторович и др., 1999; Губин и др., 2018; Савчик, Болдушевская, 2018; Ярославцева, Бурштейн, 2022; Ярославцева, Носков, 2021; Ярославцева и др., 2024). Основные элементы и принципы историко-геологического подхода используются и в настоящей работе.

Выбранный методический подход, в рамках региональной бассейновой модели первого приближения, предполагал формирование на основе сейсмических данных и результатов глубокого бурения структурной модели; обоснование вариантов термической истории осадков; реконструкцию истории погружения и прогрева осадочного чехла территории на дотрапповый период; оценку исходных параметров куонамской НГПТ (генерационный потенциал, исходное содержание ОВ, кинетические характеристики керогена). Далее, на этой основе, выполнялась реконструкция динамики и масштабов генерации углеводородов в осадочном чехле исследуемой территории.

Фактический материал.

Выполненные исследования основаны на фактических материалах ИНГГ СО РАН и данных открытых источников.

1) Структурная модель сформирована (совместно с П.И. Сафроновым) с использованием пакета структурных карт (Выделение зон..., отв. исп. Губин И.А. 2015ф; Оценка ресурсного..., отв. исп. Мигурский Ф.А, Смирнов Е.В. 2010ф) по основным отражающим сейсмическим горизонтам (поверхность фундамента, поверхность рифея, кровля нижнего венда, кровля тэтэрской свиты, подошва куонамской свиты, кровля куонамской свиты, кровля кембрия, подошва байкитской свиты, подошва силура, подошва триаса) , а также с использованием разбивок по скважинам Сухотунгусская-1, Нижнетунгусская-7, Моктаконская-7, Учаминская-1, Пойменная-1, Онекская-1, Чисковская-290, Нижнеимбакская-219, Чириндинская-271, Хошонская-256, Сохсолохская-706, Кочечумская-2, Кирамкинская-1, Айхальская-703, Удачининская-2531, Унга-Хасыхская 2980 и др. (рис. 1).

2) Схемы толщин, обогащенных ОВ пород куонамской НГПТ сформированы (при участии Т.М. Парфеновой и др.) с использованием данных анализа $C_{орг}$ по 918 пробам из обнажений, 36 пробам из разрезов скважин, преимущественно расположенных в смежных с Курейской синеклизой восточных, северо-восточных, юго-восточных районах Восточной Сибири (Парфенова и др., 2004, 2010; Бахтуров и др., 1988, Коровников и др., 2024). Также использованы каротажные диаграммы (гамма-каротаж) по 12 скважинам: Чириндинская-271, Нижнеимбакская-219, Сохсолохская-706, Айхальская-706, Удачининская-2531, Быстыхская-1991, Эйкская-3430, Мархинско-Андоийская-3231, Кумахская-481, Северо-Синская-2160, Баппагайская-1, Уордахская-1 (Выделение зон..., 2015ф).

3) Кинетические параметры керогена куонамской НГПТ обоснованы по результатам специализированного пиролиза 10 образцов из разрезов 4 скважин: Серкинский участок №5, №6, Тит-Эбья №6, Усть-Майская №366 (Бурштейн и др., 2024, с участием автора).

4) Исходные генерационные характеристики куонамской НГПТ и варианты термического режима недр на дотрапповый период обоснованы по материалам (ИНГГ, Парфеновой Т.М.) и литературным данным (Парфенова и др., 2004, 2009, 2010, 2022; Бахтуров и др., 1988, Соболев и др., 2010; и др.).

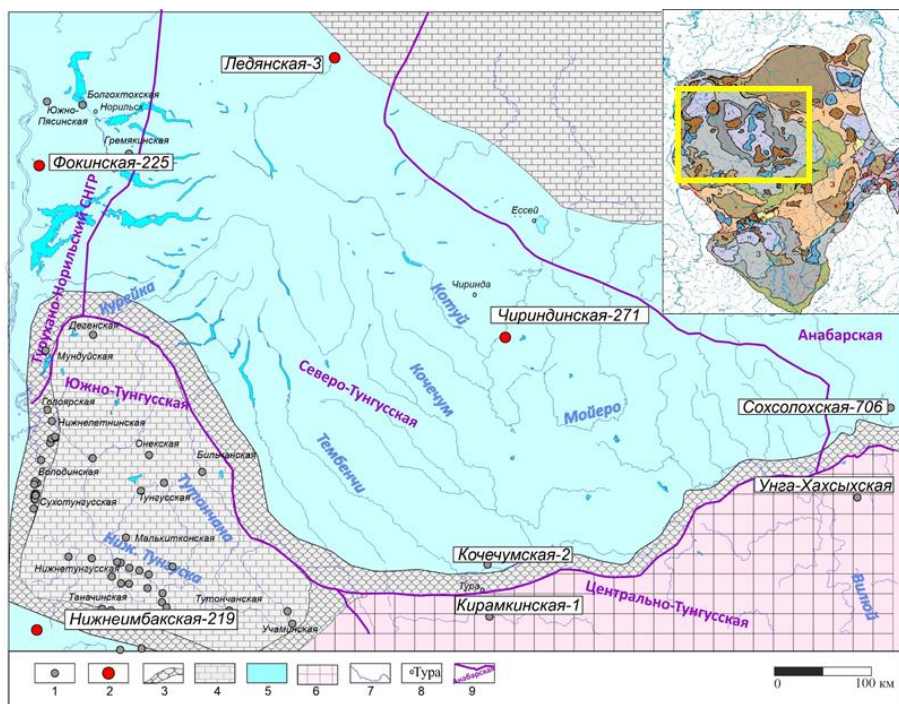


Рисунок 1 – Район исследования
(Врезка по (Конторович и др., 2009) с дополнениями)

Условные обозначения:

- 1 – скважины, 2 – скважины, по которым выполнено 1D – моделирование,
- 3 – нижне-среднекембрийский рифогенный пояс, 4 – карбонатные платформы,
- 5 – нижне-среднекембрийское море, 6 – солеродный бассейн, 7 – гидросеть,
- 8 – населенные пункты, 9 – элементы нефтегазогеологического районирования

Научная новизна. С использованием материалов ИНГТ СО РАН и открытых источников автором сформирована актуальная цифровая модель строения осадочного чехла центральной части Курейской синеклизы. Проведен сбор, обработка и анализ фактического материала по геохимии РОВ куонамского комплекса. На этой основе впервые построена регионально-зональная численная модель эволюции куонамской НГПТ в изучаемом районе. Впервые для данной территории построены карты толщин куонамской НГПТ, дифференцированные по содержанию C_{org} . Впервые моделирование преобразования РОВ куонамской НГПТ района исследований выполнено с использованием кинетических параметров керогена, обоснованных по результатам пиролиза образцов

куонамской свиты и ее аналогов.

Впервые для данной территории сформирована дифференцированная по площади модель динамики и масштабов генерации углеводородов куонамской НГПТ. Установлено дифференцированное по площади время вхождения куонамского комплекса в главную зону нефтеобразования. Выделены очаги нефтегазообразования.

Полученные результаты будут представлять существенную ценность с точки зрения развития теории нафтидогенеза и найдут практическое применение при количественной оценке перспектив нефтегазоносности и планировании геологоразведочных работ на нефть и газ в западной части Сибирской платформы.

Основные научные результаты. На дотрапповый период построена трехмерная динамическая модель осадочного чехла Курейской синеклизы, сформирована многовариантная численная модель температурного поля осадочного чехла, получена схема распределения обогащенных органическим углеродом толщин пород куонамского горизонта, восстановлена история катагенеза керогена пород куонамской НГПТ, проведена реконструкция динамики и масштабов генерации УВ куонамским комплексом Курейской синеклизы.

Достоверность результатов определяется в первую очередь применением всего доступного объема геолого-геофизического и геолого-геохимического фактического материала, его комплексной интерпретацией, использованием современных программно-методических комплексов бассейнового моделирования, а также апробацией полученных материалов в публикациях в рецензируемых журналах и в виде докладов на конференциях.

Личный вклад автора.

Автором собрана и систематизирована первичная информация и на этой основе построена трехмерная численная модель осадочного чехла Курейской синеклизы. Сформирована структурная модель района исследований (при участии П.И. Сафронова). Сформированы схемы толщин, обогащенных ОВ пород куонамской НГПТ (при участии Т.М. Парфеновой и др.). Выполнено численное моделирование истории развития осадочного чехла территории на дотрапповый период. Сформированы динамические многовариантные схемы масштабов генерации углеводородов куонамской свитой и ее аналогами на дотрапповый период. Выявлены очаги генерации УВ, косвенно оценены масштабы УВ, аккумулярованных в потенциальных залежах. Дана предварительная оценка ресурсов УВ на дотрапповый период, связанных с

куонамской толщей исследуемой территории с учетом возможных потерь УВ до формирования залежей.

Апробация работы.

Основные результаты, представленные в работе, были доложены автором на международных (XX Международный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, г. Томск, 2016; V Международная конференция молодых ученых и специалистов памяти акад. А.П. Карпинского, г. Санкт-Петербург, 2017; Трофимуковские чтения, г. Новосибирск, 2017; Интеграция современных технологий и прикладных дисциплин при прогнозе свойств УВ систем, г. Санкт-Петербург, 2017; Интерэкспо Гео-Сибирь, 2018, 2021) и всероссийских (Новые направления нефтегазовой геологии и геохимии. Развитие геологоразведочных работ, Пермь, 2017; Полярная механика: V Всероссийская конференция с международным участием, Новосибирск, 2018; Успехи органической геохимии, Новосибирск, 2022; Фундаментальные, глобальные и региональные проблемы геологии нефти и газа, Новосибирск, 2024) научных конференциях.

Результаты исследований изложены в 12 публикациях, в том числе в 4 статьях в журналах, входящих в Перечень научных изданий, рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертаций («Геология нефти и газа», «Геология и геофизика», «Нефтегазовая геология. Теория и практика», все журналы категории К₁).

Соответствие паспорта научной специальности

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.6.11. «Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» (геолого-минералогические науки) в части п.1 «Условия образования месторождений нефти и газа»: условия формирования скоплений нефти и газа в земной коре (генерация, миграция, аккумуляция углеводородов); п.2 «Прогнозирование, поиски, разведка и оценка месторождений»: методология прогнозирования и критерии нефтегазоносности, методы оценки ресурсов.

Благодарности

Работа выполнена в ИНГГ СО РАН в Лаборатории теоретических основ прогноза нефтегазоносности и Лаборатории проблем геологии, разведки и разработки месторождений трудноизвлекаемой нефти. Автор выражает благодарность научному руководителю - д.г.-м.н., чл.-корр. РАН Л.М. Бурштейну. Большое влияние на представленную диссертацию оказал академик А.Э. Конторович, которому принадлежит идея выполненной работы и который проявлял большое внимание к исследованиям на всех ключевых этапах.

Автор также выражает благодарность за консультации, рекомендации, предоставленные материалы и ценные советы при подготовке работы д.г.-м.н. Л.С. Борисовой, д.г.-м.н. А.Н. Фомина, к.г.-м.н. И.А. Губину, к.г.-м.н. Т.М. Парфеновой, к.г.-м.н. М.А. Фомину, к.г.-м.н. С.А. Моисееву, к.г.-м.н. Л.Н. Константиновой, к.г.-м.н. А.М. Фомину., к.г.-м.н. И.Д. Тимошиной, к.г.-м.н. А.А. Дешину, к.г.-м.н. П.И. Сафронову, А.Н. Козыреву, А.Н. Седых.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что впервые с использованием современных результатов интерпретации геолого-геофизического и геолого-геохимического материала для слабоизученной территории Курейской синеклизы сформированы динамические численные модели эволюции генерационного потенциала куонамской свиты и ее аналогов в катагенезе.

Результаты исследования практически значимы для оценки ресурсов, связанных с куонамской свитой и ее обогащенными ОВ фациальными аналогами, и являются основой для количественной оценки перспектив нефтегазоносности территории Курейской синеклизы. При условии выполнения оценки времени формирования ловушек и сопоставления такового с динамическими схемами генерации УВ и с учетом влияния траппового магматизма, могут быть количественно оценены предполагаемые ресурсы УВ в залежах исследуемой территории, что в конечном счете может быть направлено на уточнение прогноза нефтегазоносности Курейской синеклизы.

Структура и содержание работы.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав и заключения. Общий объём работы - 180 страниц, включая 91 рисунок, 4 таблицы. Список литературы включает 210 наименований.

В главе 1 кратко обобщены сведения о стратиграфии, тектонике, истории формирования осадочного чехла Курейской синеклизы, приведены данные по нефтегазоносности этой территории.

В главе 2 рассмотрены потенциальные протерозойско-палеозойские НППТ Курейкой синеклизы и смежных территорий. Раздел 2.2 посвящен геохимическим особенностям куонамской свиты и ее аналогов. В разделе 2.3 обсуждаются закономерности распределения ОВ в отложениях куонамской НППТ, методические подходы к формированию карт толщин разнообразных ОВ пород куонамской свиты и ее аналогов, описываются выполненные построения и обосновывается первый защищаемый результат.

В главе 3 приведено краткое описание методики бассейнового

моделирования применительно к региональным и регионально-зональным слабоизученным геологическим объектам.

В главе 4 описаны численные модели осадочного чехла Курейской синеклизы: структурная, многовариантная температурная. Обоснованы генерационные характеристики куонамской свиты и ее аналогов, исходные на начало катагенеза. Приведены результаты выполненных построений и обоснован второй защищаемый результат.

Глава 5 посвящена одномерному моделированию структурно-термической эволюции осадочного чехла Курейской синеклизы, направленному на обоснование вариантов термической истории отложений на дотрапповый период.

В главе 6 представлены результаты трехмерного численного моделирования истории погружения, прогрева осадочного чехла, динамики и масштабов генерации углеводородов куонамской свитой и ее аналогами исследуемой территории. Обосновываются третий и четвертый защищаемые результаты.

Защищаемые положения и результаты.

Первый защищаемый результат. *Численная модель пространственного распределения концентраций органического углерода куонамской свиты и ее аналогов на начало мезокатагенеза, представленная в виде набора карт толщин пород с различными концентрациями органического углерода: 1-5 %, более 5% и более 10 % $C_{орг}$ на породу.*

В распределении обогащенных ОВ пород куонамской свиты и ее аналогов обширные зоны с наибольшими толщинами (20-30 м с $C_{орг}$ 1-5%, более 20 м с $C_{орг}$ более 5%, 10-20 м с $C_{орг}$ более 10%) отмечаются в северо-восточной части Сибирской платформы – междуречье Большой Куонамки и Молодо, в районах рек Оленек и Арга-Сала, а также прогнозируются в центральной части Курейской синеклизы в район р. Котуй. В пределах Курейской синеклизы толщины обогащенных пород снижаются в направлении нижне-среднекембрийкой рифогенной системы.

Теоретическими основами выполненного построения являются палеогеографические реконструкции (Моисеев и др., 2021; Губин и др., 2018; Сухов и др., 2018) и общие закономерности накопления ОВ в современных осадках (Романкевич и др., 2009; Страхов, 1963 и др.).

Для построений использованы данные проведенного в ИНГТ СО РАН анализа $C_{орг}$ по 918 пробам пород из обнажений, 36 пробам пород из

скважин восточной, северо-восточной и юго-восточной частей Сибирской платформы (рис. 2).

С учетом возможной взаимосвязи радиоактивности и содержания $C_{\text{орг}}$ (Плуман., 1971; Плуман и др., 1977), проанализированы каротажные диаграммы по 12 скважинам. Принято (Ярославцева и др., 2024), что интенсивность излучения от 10 мкР/ч соответствует содержанию $C_{\text{орг}}$ более 1%, 15 мкР/ч – более 5%, 20 мкР/ч – более 10%. Толщины прослоев с соответствующей интенсивностью излучения на ниже-среднекембрийском уровне в слабоизученных разрезах выделены условно, а их весомость при картопостроении ниже, чем обогащенных толщин разрезов с прямыми замерами $C_{\text{орг}}$.

В результате обобщения и обработки фактических материалов проанализированы толщины пород с $C_{\text{орг}}$ более 1%. Сформированы три схемы: толщин пород с $C_{\text{орг}}$ более 10%, более 5%, 1-5%.

В распределении толщин пород куонамской свиты и ее аналогов с $C_{\text{орг}}$ более 1% прослеживаются следующие общие закономерности: наибольшие мощности имеют обогащенные породы, накопленные в погруженных частях кембрийского морского бассейна (в разрезах междуречья р. Большой Куонамки и р. Молодо, в районах р. Оленек, и Арга-Сала, а также в Лено-Амгинском междуречье. В направлении ниже-среднекембрийского рифогенного пояса происходит снижение мощностей обогащенных пород. При снижении концентрации $C_{\text{орг}}$ общие толщины пород возрастают.

По результатам построения распределения толщин куонамской свиты и ее аналогов с $C_{\text{орг}}$ более 10% отмечено обширное поле с толщинами обогащенных пород более 10 м в северо-восточной части Сибирской платформы – в междуречье Большой Куонамки и Молодо (рис. 2). Прогнозируются толщины пород более 10 м в центральной части Курейской синеклизы, включая разрезы скв. Чириндинская-271, Сохсолохская-706, обнажения по р. Арга-Сала.

На схеме толщин с $C_{\text{орг}}$ более 5% наибольшие значения (более 20 м) характерны для междуречья Большой Куонамки и Молодо, а также предполагаются в центральной части Курейской синеклизы. По р. Оленек, в районе р. Арга-Сала так же отмечены высокие толщины углеродистых пород до 25 м (рис.3). По результатам анализа гамма-каротажа по скважинам Чириндинская-271 и Сохсолохская-706 мощности пород куонамской свиты с $C_{\text{орг}}$ более 5% в них предположительно достигают 30 и 20 м соответственно. Последние три разреза не объединены в единое поле за неимением достаточных оснований.

На карте распределения толщин пород, содержащих 1-5% $C_{\text{орг}}$, наибольшие значения (более 30м) характерны для обнажений бассейна

р. Большая Куонамка, а также верховий р. Лена (рис. 4). Толщины 20-30 метров отмечаются в северо-восточной части Сибирской платформы – междуречье Большой Куонамки и Молодо, в районах рек Оленек и Арга-Сала, в Лено-Амгинском междуречье, а также прогнозируются в центральной части Курейской синеклизы.

Толщины 10-20 метров пород с $C_{орг}$ 1-5% распределены практически во всей восточной части Сибирской платформы и прогнозируются в районе Курейской синеклизы в пределах депрессионных зон осадочного чехла (Туринская впадина, Ламско-Хантайский мегапрогиб) (рис. 5).

Второй защищаемый результат. Численная модель пространственного распределения исходной (на начало мезокатагенеза) массы лабильной части РОВ куонамской нефтегазопроизводящей толщи Восточной Сибири в породах с содержанием органического углерода более 1% на породу.

С учетом консервативной оценки значений исходного водородного индекса ($HI=500$ мг УВ/г $C_{орг}$) общая масса лабильной части РОВ в куонамской НГПТ на территории исследований по результатам выполненных расчетов составляет не менее 200 млрд т.

В связи с отсутствием фактических измерений водородного индекса куонамской НГПТ в пределах Курейской синеклизы и высоким уровнем катагенеза ОВ на данной территории были проанализированы данные по определению этого параметра из широко изученных разрезов куонамской свиты и ее аналогов восточной части Сибирской платформы, описанные в главе 2. Данные о текущем водородном индексе РОВ куонамской толщи и аналогов приведены во многих работах (Болдушевская, Филиппов, Переладов, 2007; Горлов, Левшунова, 2022; Дахнова, Жеглова, Можегова, 2014; Парфенова и др., 2004, 2009, 2010; Парфенова, Мельник, Коровников, 2022 и др.) Значение водородного индекса от 200 до 700 мг УВ/г $C_{орг}$. В настоящей работе для выполняемого моделирования было принято, что начальный водородный индекс составляет - 500 мг УВ/г $C_{орг}$. Данное значение можно рассматривать как осторожное.

С использованием карт толщин с $C_{орг}$ в фиксированном диапазоне и значения водородного индекса рассчитаны массы лабильной части РОВ. Общая масса составляет не менее 206 млрд т. Карта распределения исходной лабильной массы керогена приведена на рис 5.

Третий защищаемый результат. Многовариантная (при различных возможных термических сценариях развития осадочного чехла) цифровая динамическая модель генерации жидких и газообразных углеводородов в куонамской нефтегазопроизводящей толще центральных районов Курейской синеклизы в дотрапповый период.

При всех рассмотренных температурных сценариях генерация жидких УВ началась уже в раннем ордовике в центральных частях депрессионных зон осадочного чехла - Туринской мегавпадины и Ламско-Хантайского мегапрогиба. Генерация газообразных продуктов за счет термического крекинга в центральной части Туринской впадины при всех температурных сценариях началась в раннем ордовике. Несколько более значимо влияние температурного сценария на время начала генерации газа в Ламско-Хантайском мегапрогибе: при градиенте $35^{\circ}\text{C}/\text{км}$ она началась в начале карбона, при $40^{\circ}\text{C}/\text{км}$ уже в конце ордовика, при $45^{\circ}\text{C}/\text{км}$ – в раннем ордовике. Дальнейшее погружение осадочного чехла в силуре и девоне привело к расширению площади интенсивного катагенеза куонамской НГПТ. В периферийных частях депрессионных зон осадочного чехла ранее образованные жидкие углеводороды не подверглись вторичному термическому крекингу. К концу дотраппового периода генерационный потенциал куонамской НГПТ в центральных частях Туринской мегавпадины и Ламско-Хантайского мегапрогиба, вероятно, был в значительной степени реализован.

В ходе выполнения работы на основе доступных фактических материалов и литературных данных сформирована структурная и трехмерная динамическая модель развития осадочного чехла Курейской синеклизы. Выполнена реконструкция истории погружения и многовариантные реконструкции прогрева протерозойско-палеозойских отложений территории на дотрапповый период. В силу слабой изученности территории, древнего возраста осадочного чехла и отсутствия данных о естественных палеотермометрах температурная модель формировалась на базе численного моделирования и учета известных глобальных закономерностей. На основе одномерного моделирования развития разрезов четырех глубоких скважин оценивался возможный диапазон значений геотермального палеоградиента. Согласно выполненным построениям, значение данного параметра варьирует в достаточно широких пределах, от 35 до $45^{\circ}\text{C}/\text{км}$.

С использованием обоснованных генерационных характеристик ОБ куонамской НГПТ сформированы многовариантные динамические схемы изменения коэффициентов трансформации керогена, рассчитаны масштабы и

динамика генерации углеводородов с дифференциацией по фазовому составу.

Рассмотрены три сценария температурной истории: при градиенте 35 (рис. 6), 40, 45 °С/км и два предельных варианта возможной миграции продуктов генерации УВ:

- Большая часть жидких продуктов генерации мигрирует из НГПТ, что обеспечивает сохранность УВ на дотрапповый период (рис 6.).
- Генерируемые жидкие продукты не мигрируют из НГПТ и при дальнейшем погружении и нагреве испытывают вторичный термкрекинг с образованием газа и обуглероженного остатка. (рис.7, 8).

Четвертый защищаемый результат. *На дотрапповый период на территории Курейской синеклизы существовало два несинхронных разномасштабных очага генерации УВ: Туринский и Ламско-Хантайский.*

Зарождение Туринского очага произошло в раннем ордовике. В этот период генерация жидких УВ происходила в центральной части исследуемой территории. В наиболее погруженной части очага в связи с термическим крекингом жидких УВ происходило газообразование. К началу перми в пределах Туринского очага плотность генерации УВ доходила до 5,8 млн т условных углеводородов (УУВ)/км². Зарождение Ламско-Хантайского очага началось в конце ордовика, в силуре и девоне происходило расширение области генерации УВ. К концу дотраппового периода плотность генерации в пределах очага составила до 2 млн т УУВ/км². Суммарные масштабы генерации УВ куонамской нефтегазопроизводящей толщей на территории исследований составили порядка 670 млрд т УУВ.

Выявлены очаги генерации углеводородов – Туринский в центральной части Курейской синеклизы и Ламско-Хантайский на северо-западе территории. Контуры очагов определены по площади развития ненулевых плотностей генерации в период с позднего кембрия до начала перми (рис. 6-8).

Под очагами генерации УВ в данной работе понимается часть осадочного чехла, в которой НГПТ достигли достаточного уровня катагенеза и генерировали УВ в значимых объемах. Следует отметить, что при настоящем исследовании учитываются только УВ, сгенерированные куонамской НГПТ. В тоже время в ходе длительной геологической истории Курейской синеклизы и в докембрии, и в палеозое неоднократно возникали условия, благоприятные для накопления обогащенных ОВ пород и формирования других НГПТ. Связанные с ними очаги могут иметь иную конфигурацию, чем куонамский (Конторович и др. 1999).

Моделирование динамики и масштабов генерации УВ выполнено начиная

с 500 млн лет назад (ранний кембрий) по 299 млн лет назад (ранняя пермь) с шагом 50 млн лет. В связи с интенсивным погружением и прогревом отложений на рубеже кембрия и ордовика дополнительно сформированы схематические карты на 475 млн лет назад (ранний ордовик). В перми процессы генерации практически полностью прекратились.

При первом миграционном сценарии в центральной части Туринского очага в раннем ордовике плотности генерации достигают 2-2,8 млн т/км в центральной части и 0,2 млн т/км² на периферии (рис. 6 А). В это время в пределах Ламско-Хантайского очага так же происходит генерация углеводородов с масштабами до 0,4-0,8 млн т/км². В конце ордовика, 450 млн лет назад в центральной части Туринского очага достигнут пик генерации УВ, в это время плотности генерации составили до 5,8 млн т/км², при этом на периферии очага – 0,4-1 млн т/км². В это время продолжалось развитие Ламско-Хантайского очага, где в наиболее прогнутой части масштабы генерации достигли 1.4 млн т/км². В девоне и карбоне в Туринском очаге генерация УВ происходила только на периферии. В это время расширился контур Ламско-Хантайского очага (6Б). К концу карбона общие плотности генерации в Туринском очаге составили от 0,4-0,8 млн т/км² на периферии до 5,8 млн т/км² в центральной части территории. В Ламско-Хантайском очаге от 0,4 до 2,4 млн т/км² (рис. 6В).

При втором миграционном сценарии в погруженных частях Туринского очага в раннем ордовике сгенерированная нефть претерпела дальнейшие изменения и преобразовалась в газ в масштабах до 1,5 млрд м³/км². (рис. 7А, 8А). На периферии очага в это время сгенерировано от 0,4 до 1 млн т нефти /км². В конце ордовика плотности генерации нефти на периферии Туринского очага составили от 0,4-1.2 млн т/км², масштабы генерации газа в центральной части очага составили 2-3 млн т УУВ/км². В Ламско-Хантайском до 1,6 млрд м³/км² газа. В девоне и карбоне продолжалась генерация нефти на периферии Туринского очага и в пределах Ламско-Хантайского очага, в котором сгенерированные жидкие углеводороды при данном градиенте не подверглись термическому изменению (рис. 7Б, В; 8Б, В).

При всех рассмотренных температурных сценариях первичная генерация жидких УВ в наиболее погруженных частях осадочного чехла территории началась в конце ордовика, а к началу перми практически полностью прекратилась. При рассмотрении второго миграционного сценария вторичный крекинг нефти при градиенте 35°С/км начался в раннем карбоне, при градиенте 40 и 45 °С/км – в позднем ордовике.

В первом «миграционном» сценарии объемы образования жидких УВ составляют не менее 600 млрд т, а во втором жидких 330 млрд т, газообразных

270 трлн м³.

По результатам моделирования выделены два основных очага нефтегазообразования, приуроченных к депрессионным зонам осадочного чехла: Туринский и Ламско-Хантайский. Показано, как менялась интенсивность и масштабы генерации УВ в ходе геологического времени для трех температурных сценариев.

Показано, что при градиентах 35 и 40 °С/км генерация жидких углеводородов в Туринском очаге началась в раннем ордовике. При градиенте 45 °С/ км – в среднем кембрии (около 500 млн лет назад). В Ламско-Хантайском очаге при всех температурных сценариях генерация началась в раннем ордовике (с меньшей интенсивностью, чем в Туринском очаге). Показано, что генерационный потенциал коунамской свиты и ее обогащенных ОВ аналогов на дотрапповый период практически полностью реализован в Туринском очаге. При этом в Ламско-Хантайском очаге к началу перми генерация УВ продолжалась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кумулятивные плотности генерации УВ в Туринском очаге достигли 5.8 млн т УУВ /км², в Ламско-Хантайском до 2.8 млн т УУВ /км². Генерация углеводородов в Туринском очаге к началу перми практически полностью прекратилась. Согласно выполненной реконструкции, к началу внедрения траппов основная часть залежей была сформирована за счет углеводородов, генерация которых имела место в девоне, позднем карбоне. Таким образом, внедрение интрузий траппов в тело коунамской свиты в конце перми – начале триаса в Туринском очаге генерации уже не могла существенно сказаться на реализации ее генерационного потенциала. Такое влияние могло быть несколько большим в Ламско-Хантайском очаге, так как в конце карбона в нем еще активно происходили процессы генерации УВ.

В работе предварительно оценены предполагаемые ресурсы УВ, связанные с коунамской НГПТ Курейской синекизы на дотрапповый период. Отмечено, что свой вклад в формирование залежей УВ в разрезе данной территории могли выполнить также образования рифея, венда и палеозоя.

Суммарные масштабы генерации УВ коунамской НГПТ на территории исследований составили порядка 670 млрд т УУВ. Оценивая возможные масштабы аккумуляции сгенерированных углеводородов, можно предположить, что ресурсы, связанные с коунамской НГПТ рассматриваемой территории, могли на конец дотраппового периода варьировать в широком диапазоне 6-67 млрд т. УУВ. В качестве потенциальных зон аккумуляции углеводородов, вероятно,

выступали клиноформный комплекс майского яруса кембрия, рифовые фации нижнего-среднего кембрия и одиночные органогенные банки.

Степень сохранности сформировавшихся скоплений существенно зависит от влияния траппового магматизма и новейших тектонических событий. Экспертно можно оценить величину сохранившихся к настоящему времени ресурсов Курейской синеклизы, связанных с куонамской НГПТ величиной не менее 10 млрд т УУВ.

Очевидны дальнейшие направления данного цикла исследований. Более полное и корректное моделирование генерации, эмиграции и аккумуляции УВ, с учетом влияния траппового магматизма в осадочном чехле изучаемого района может быть выполнено после проведения достаточного объема региональных работ во внутренних районах Курейской синеклизы и уточнения модели строения ее осадочного чехла, особенно в части распределения трапповых интрузий в разрезе и по площади, включения в модель возможных позднепалеозоских НГПТ и уточнения их характеристик.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Список основных публикаций автора по теме диссертации в журналах, входящих в перечень ВАК

1. Ярославцева Е.С., Сафронов П.И., Губин И.А., Бурштейн Л.М. Историко-геологическое моделирование процессов генерации углеводородов куонамским комплексом Курейской синеклизы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2024. - Т.19. - №2. - https://www.ngtp.ru/rub/2024/13_2024.html EDN: SFHJXN (РИНЦ).
2. Ярославцева Е.С., Парфенова Т.М., Конторович А.Э., Бурштейн Л.М. Распределение органического углерода в породах куонамского комплекса (кембрий Сибирской платформы) // Геология нефти и газа – № 4 – С. 69-78 – 2024 (SCOPUS, РИНЦ).
3. Бурштейн Л. М., Дешин А. А., Парфенова Т. М., Ярославцева Е.С., Козырев А.Н., Сафронов П.И. Кинетические характеристики керогенов куонамского комплекса Нижнего и среднего кембрия сибирской платформы // Геология и геофизика. – 2024. – Т. 65, № 1. – С. 133-150. – DOI 10.15372/GiG2023187. – EDN AINAG. (SCOPUS, WOS, РИНЦ).
4. Ярославцева Е.С., Бурштейн Л.М. Моделирование истории генерации углеводородов в куонамской свите Курейской синеклизы // Нефтегазовая геология. Теория и практика – том 17 – № 4 – С. 1-16 – 2022 (РИНЦ).

Значимые тезисы докладов по теме диссертации на российских и международных конференциях

1. **Ярославцева Е.С.**, Губин И.А., Сафронов П.И., Бурштейн Л.М. Историко-геологическое моделирование динамики и масштабов генерации углеводородов в центральной части Курейской синеклизы// Фундаментальные, глобальные и региональные проблемы геологии нефти и газа: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика РАН А.Э. Конторовича (г. Новосибирск, Россия, 29 января - 1 февраля 2024 г.) – СО РАН – Новосибирск – С. 271-273 – 2024.

2. **Ярославцева Е.С.**, Бурштейн Л.М., Конторович А.Э., Парфенова Т.М. Закономерности распределения содержания органического вещества в породах куонамской свиты и ее стратиграфических аналогов (кембрий Сибирской платформы)//Успехи органической геохимии: Материалы 2-й Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых, посв. 120-летию со дня рожд. чл.-корр. АН СССР Н.Б. Вассоевича и 95-летию со дня рожд. засл. геолога РСФСР, проф. С.Г. Неручева (г. Новосибирск, 5-6 апреля 2022 г.) – ИПЦ НГУ – Новосибирск – С. 310-313 – 2022.

3. Бурштейн Л.М., Дешин А.А., Парфенова Т.М., Долженко К.В., Козырев А.Н., **Ярославцева Е.С.** Первые данные о кинетических характеристиках керогенов куонамского комплекса нижнего и среднего кембрия //Успехи органической геохимии: Материалы 2-й Всероссийской научной конференции с участием иностранных ученых, посв. 120-летию со дня рожд. чл.-корр. АН СССР Н.Б. Вассоевича и 95-летию со дня рожд. засл. геолога РСФСР, проф. С.Г. Неручева (г. Новосибирск, 5-6 апреля 2022 г.) – ИПЦ НГУ – Новосибирск – С. 27-30 – 2022.

Технический редактор Т.С. Курганова

Подписано в печать 29.10.2025

Формат 60x84/16. Бумага офсет №1. Гарнитура Таймс

Печ.л. 0,9. Тираж 120. Зак. № 245

ИНГТ СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3

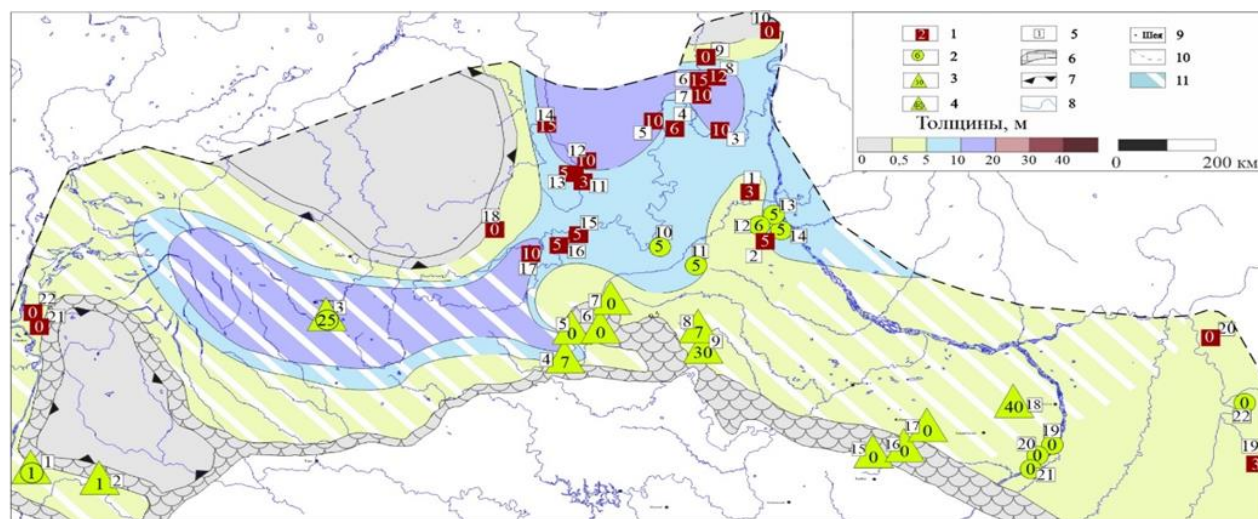


Рисунок 2. Схематическая карта толщин куонамского горизонта с содержанием $C_{орг}$ 10 % на начало мезокатагенеза [Ярославцева и др., 2024]

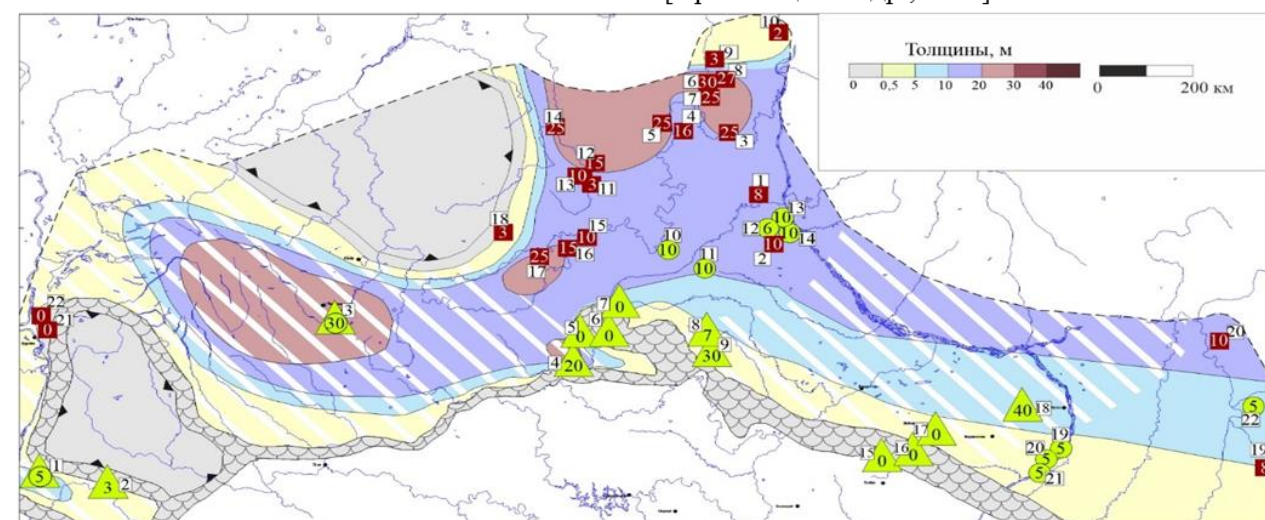


Рисунок 3. Схематическая карта толщин куонамского горизонта с содержанием $C_{орг}$ более 5 % на начало мезокатагенеза [Ярославцева и др., 2024] (условные обозначения на рис. 2)

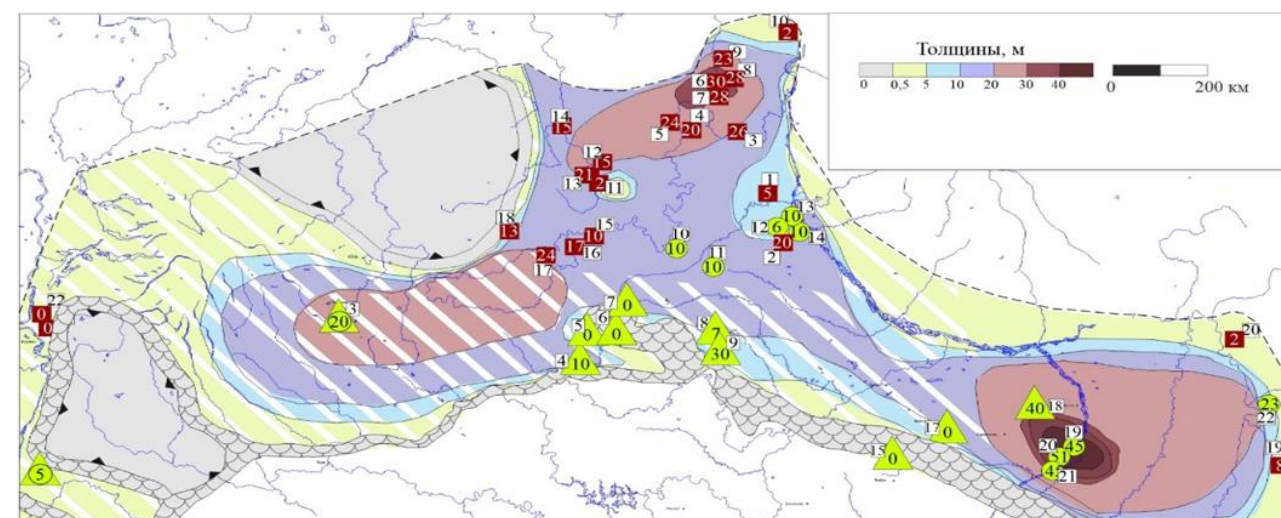


Рисунок 4. Схематическая карта толщин куонамского горизонта с содержанием $C_{орг}$ 1-5 % на начало мезокатагенеза (условные обозначения на рис. 2)

Условные обозначения: 1-обнажения куонамской свиты и ее аналогов, толщины пород с $C_{орг}$ более 5%; 2-скважины с определениями $C_{орг}$ по аналитическим данным, толщины пород; 3-скважины с определением $C_{орг}$ по ГК, толщины пород; 4-скважины с определением $C_{орг}$ по ГК и аналитическим данным, толщины пород; 5-номера скважин и обнажений; 6-нижне-среднекембрийский рифогенный пояс; 7- карбонатные платформы; 8- реки; 9 – населенные пункты; 10 -условная граница построения; 11 - область построений с использованием ГИС и интерполяции.

Скважины: 1 - Нижнеимбакская-219; 2 - Моктаконская-4; 3 - Чириндинская-271; 4 - Сохсолохская-706; 5 - Айхальская-703; 6 - Удачинская-2531; 7 - Быстухская-1991; 8 - Эйкская-3430; 9 -Мархинско-Андоийская-3231; 10 - 204; 11 - 203; 12 - Серкинский участок, №5, пр.VII; 13 - Серкинский участок, №10, пр. VII; 14 - Серкинский участок, №10, пр.VI; 15 - Кумахская-481; 16 - Северо-Синская-2160; 17 - Баппагайская-1; 18 - Уордахская-1; 19-Хоточу-7; 20 - Тит-Эбья-6; 21 -Красный ручей-5; 22 - Усть-Майская-366.

Обнажения: 1 - р. Муна; 2- р. Кюленке; 3 - р. Молодо; 4 - р. Оленек, напротив устья р. Амыдай; 5 - р. Некекит; 6 - р. Чемордоах; 7 - р. Бороулах; 8 - р. Торкукуй; 9- р. Керсюке; 10 - р. Лена; 11 - р. Мал. Куонамка, р. Ухумун; 12 - Мал. Куонамка, близ пос. Жидинда; 13- р. Мал. Куонамка, руч. Юлегирь-Юрях; 14 - р. Бол. Куонамка; 15 - р. Оленек, 18 км ниже пос. Оленек; 16 - р. Оленек, 5 км выше р. Арга-Сала; 17 - р. Арга-Сала; 18 - руч. Сикит; 19- р. Юдома; 20 - р. Ханда; 21 - р. Сухариха; 22 - р. Брус; 23 – р. Лена, выше правого притока руч. Махан-Альдьярхай; 24 – р. Синяя; 25 – р. Лена, верховья, правый берег, 1,5км по течению от устья руч. Улахан-Туордах, 26 – р. Лена, верховья, левый берег, 1,5 км вниз от п. Тит-Ары

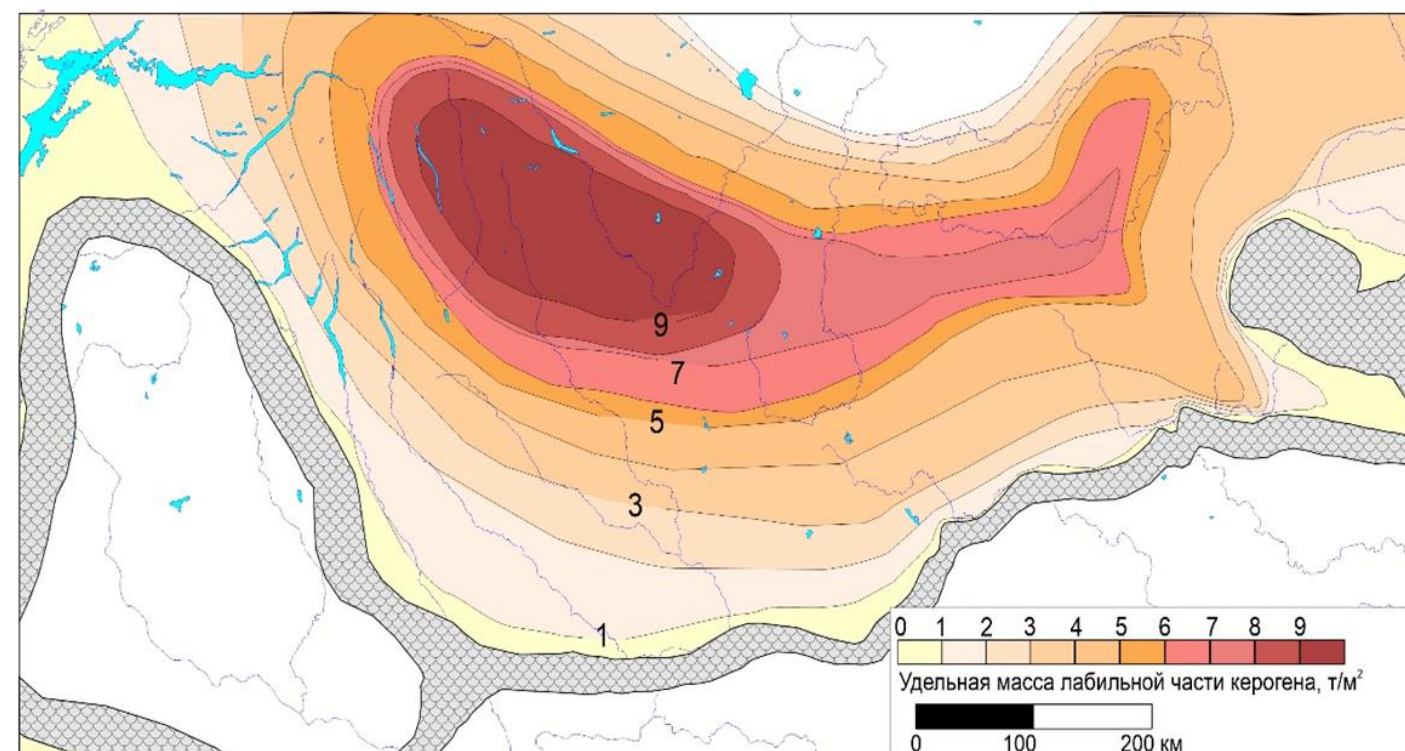


Рисунок 5. Схема распределения исходной массы лабильной части керогена куонамской свиты и ее аналогов Курейской синеклизы

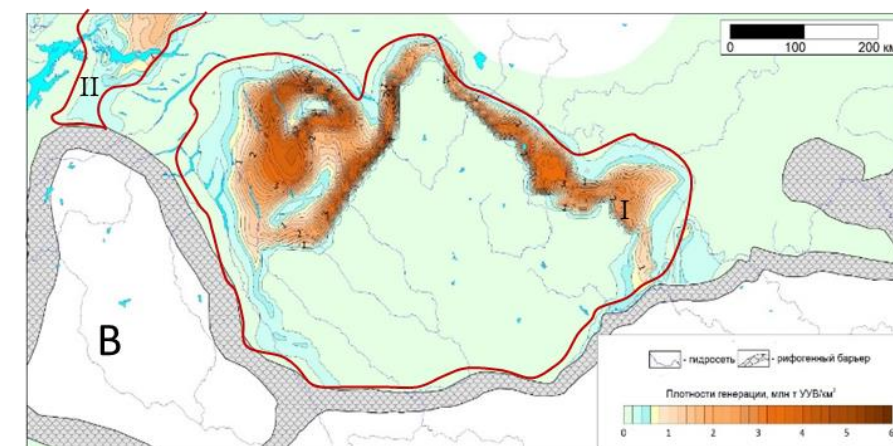
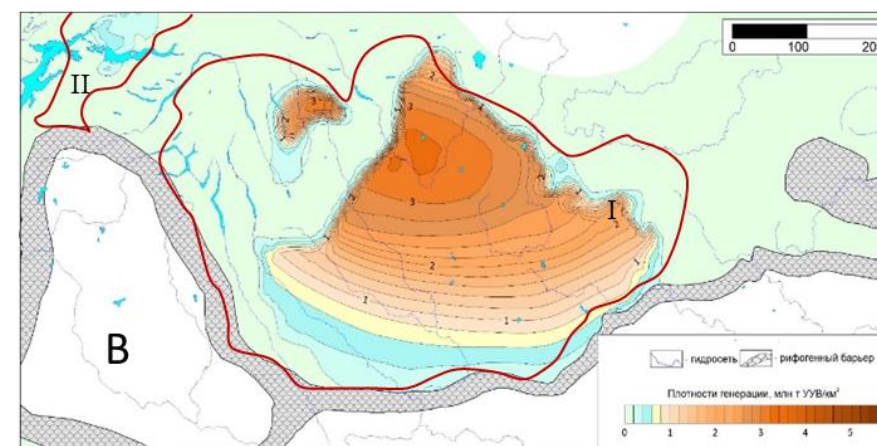
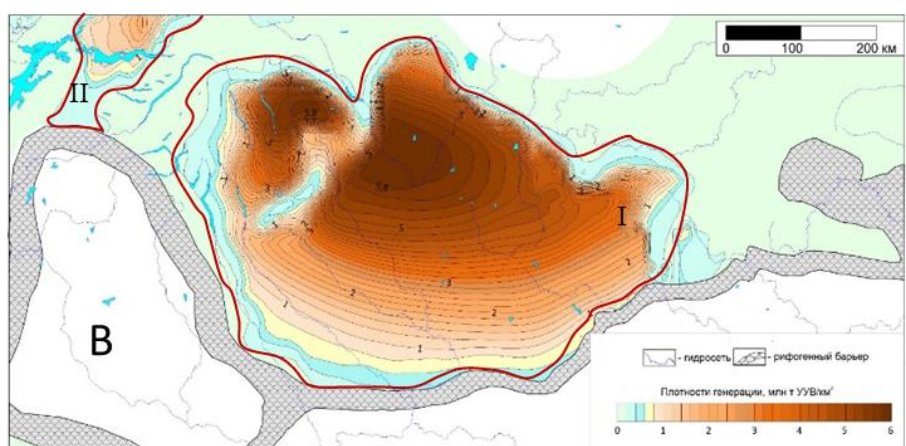
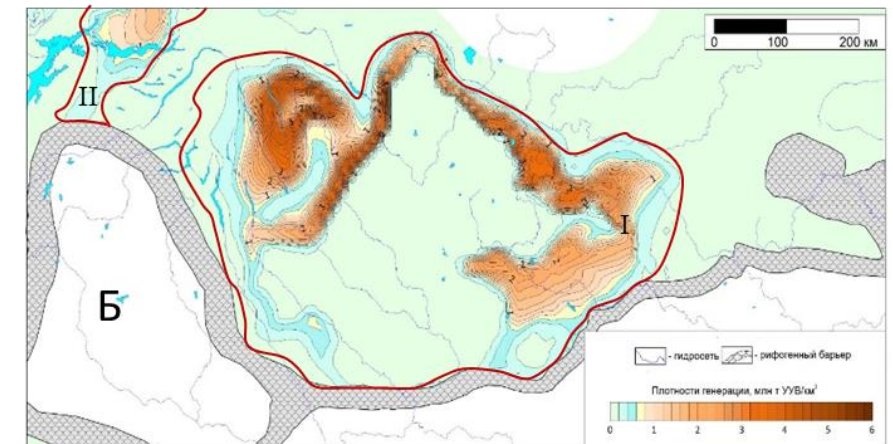
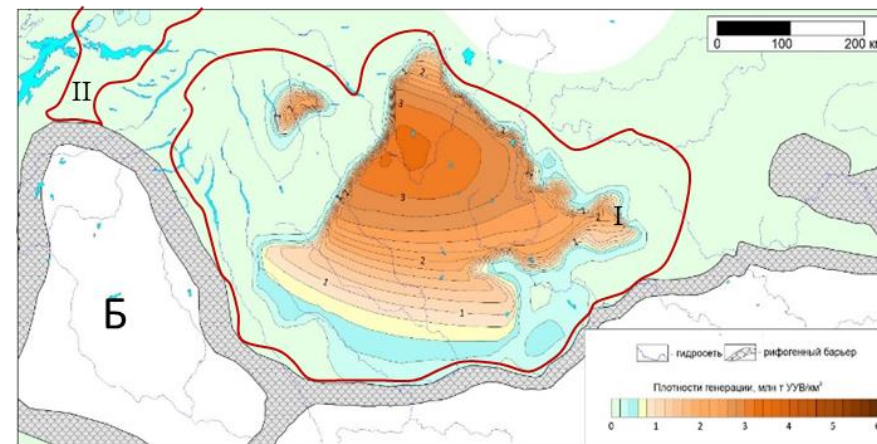
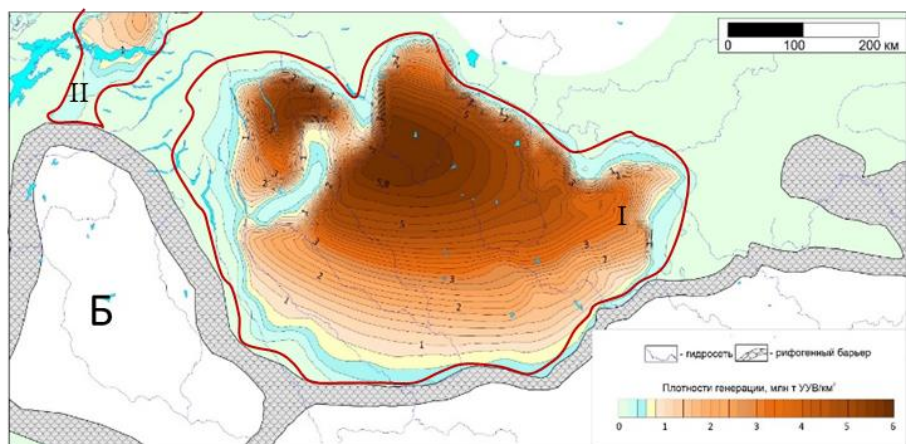
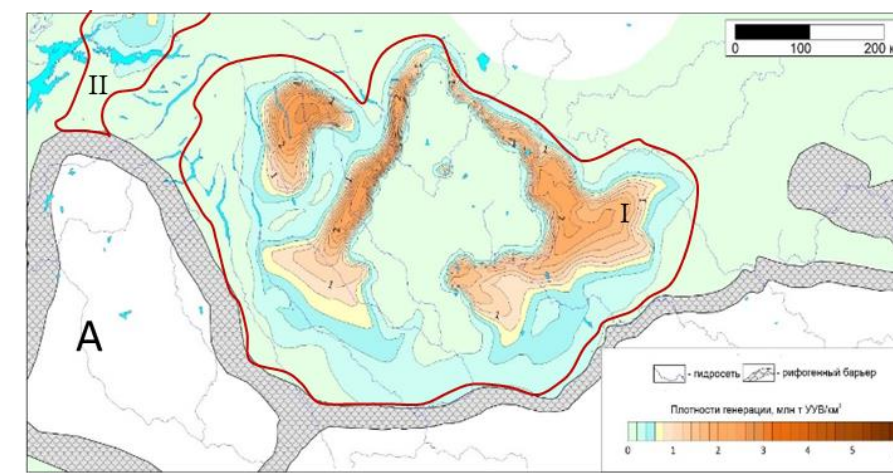
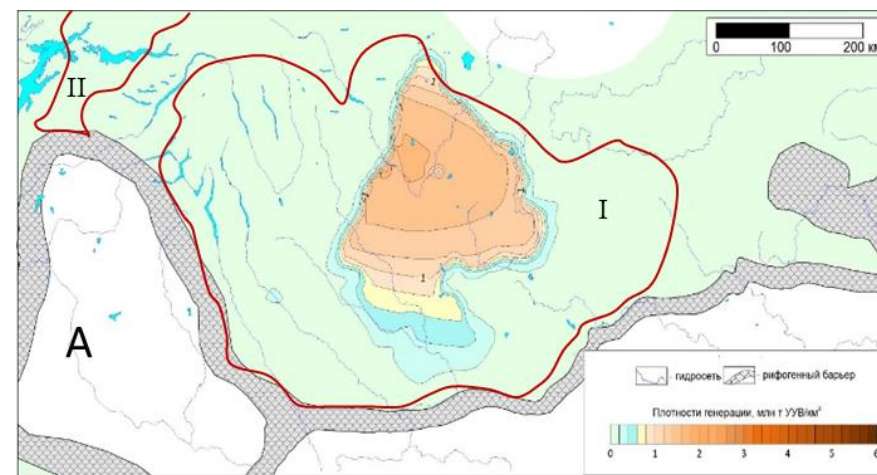
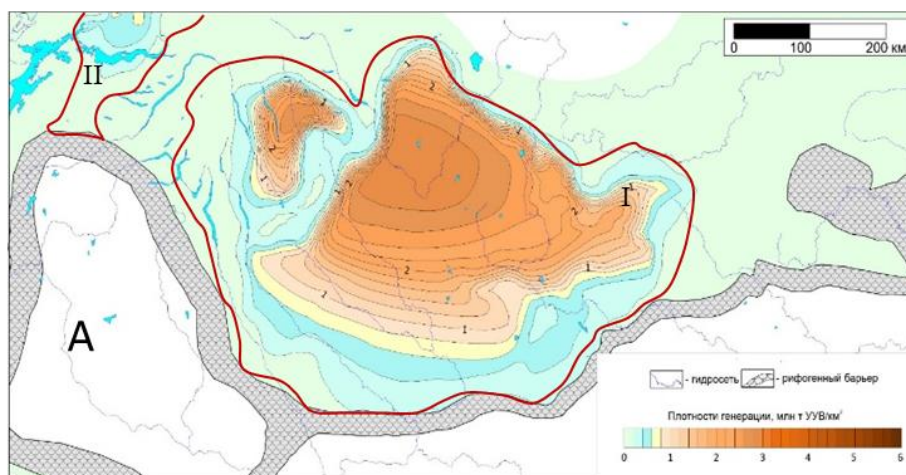


Рисунок 6. Схематическая карта распределения масштабов генерации УВ
куонамским горизонтом Курейской синеклизы при градиенте 35°C/км

А – 475 млн лет назад (ранний ордовик)

Б – 400 млн лет назад (ранний девон)

В – 299 млн лет назад (ранняя пермь)

Рисунок 7. Схематическая карта распределения масштабов генерации газа
куонамским горизонтом Курейской синеклизы при градиенте 35°C/км

А – 475 млн лет назад (ранний ордовик)

Б – 400 млн лет назад (ранний девон)

В – 299 млн лет назад (ранняя пермь)

Рисунок 8. Схематическая карта распределения масштабов генерации нефти
куонамским горизонтом Курейской синеклизы при градиенте 35°C/км

А – 475 млн лет назад (ранний ордовик)

Б – 400 млн лет назад (ранний девон)

В – 299 млн лет назад (ранняя пермь)

— Очаги нефтегазообразования: I – Туринский, II – Ламско-Хантайский