

*На правах рукописи*

**МЕЛЬНИК Дмитрий Сергеевич**



**ОРГАНИЧЕСКАЯ ГЕОХИМИЯ ПОРОД ВЕНДА  
(СЕВЕРО-ВОСТОК СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ)**

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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2023

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

**Научный руководитель:**

**Парфенова Татьяна Михайловна**

кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

**Официальные оппоненты:**

**Бушнев Дмитрий Алексеевич**

доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией органической геохимии, Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), г. Сыктывкар

**Соболев Петр Николаевич**

кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, АО «Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья» (АО «СНИИГГиМС»), г. Новосибирск

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (ФГБУ «ВНИГНИ»), г. Москва

Защита состоится 19 марта 2024 г. в 15:00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.087.03 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук, в конференц-зале (630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3, ИНГГ СО РАН).

Отзыв в двух экземплярах, оформленный в соответствии с требованиями Минобрнауки России (см. вклейку), просим направлять по адресу: 630090, г. Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3;

e-mail: [kostyrevaea@ipgg.sbras.ru](mailto:kostyrevaea@ipgg.sbras.ru); тел. +7(383)-330-95-17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ИНГГ СО РАН [http://www.ipgg.sbras.ru/dissertations/melnikds2023/ДиссерМельникДС\\_20231127\\_Финал.pdf](http://www.ipgg.sbras.ru/dissertations/melnikds2023/ДиссерМельникДС_20231127_Финал.pdf)

Автореферат разослан 2 февраля 2024 г.

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



Е.А. Костырева

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### **Актуальность темы исследования и степень ее разработанности.**

Для устойчивого развития топливно-энергетического комплекса России необходимо наращивание ресурсной базы и открытие новых месторождений углеводородов (УВ). Оценка нефтегазоносности Арктического сектора Восточной Сибири и шельфа моря Лаптевых проводится еще с первой половины XX века [Гусев, 1950; Грамберг, 1958, 1968; Кабаньков, 1958; Грамберг и др., 1961, 1974; Натапов и др., 1968; Баженова и др., 1979, 1981; Бакин и др., 1981; Геология нефти..., 1981; Гольдберг, 1981; Конторович и др., 1981; Гребенюк и др., 1985; Каширцев, 1988 и др.]. В настоящее время эта территория остается объектом комплексного геологического, геофизического и геохимического изучения осадочного чехла для поиска промышленных скоплений нефти и газа [Ступакова и др., 2013, 2017; Баженова и др., 2014; Конторович и др., 2014, 2020, 2021; Полякова, Борукаев, 2017; Каширцев и др., 2019; Соболев и др., 2019; Лежнин и др., 2020, 2021; Найденов, 2021]. Региональный этап геологоразведочных работ включает поиск и изучение потенциально нефтематеринских пород и нафтидов [Успенский, 1957; Неручев, 1962; Вассоевич, 1967; Конторович и др., 1967; Конторович, 1976; Тиссо, Вельте, 1981; Конторович и др., 1994а, 1994б; Филиппов и др., 1999, 2014; Peters et al., 2005; Баженова и др., 2014].

В мире продолжает расти интерес к докембрийским источникам нефти и газа. Признанию их высокого потенциала способствовали открытия промышленных скоплений УВ в докембрийских и нижнепалеозойских отложениях Сибирской, Аравийской, Южно-Китайской платформ. Как показывает практика, исследование органической геохимии отложений неопротерозоя играет важную роль в оценке нефтегазоносности осадочных бассейнов России, Китая, Австралии, стран Северной и Южной Америки, Африки [Конторович и др., 1996, 2005; Тимошина, 2005; Peters et al., 2005; Grosjean et al., 2009; Craig et al., 2009, 2013; Kelly et al., 2011; Bhat et al., 2012; Баженова и др., 2014; Zeng et al., 2016; Shi et al., 2018; Соболев и др., 2019].

Вопрос о роли пород венда в качестве потенциально нефтематеринских на территории Сибирской платформы остается дискуссионным [Конторович и др., 1994а, 1994б; Филиппов и др., 1999, 2014; Дахнова и др., 2014; Баженова и др., 2014; Соболев и др., 2019]. Генетические связи между рассеянным органическим веществом (ОВ) потенциально нефтематеринских пород венда и нафтидами установлены в южных и восточных районах платформы [Каширцев, 2003, 2004; Каширцев и др., 2009а; Тимошина, 2005; Парфенова и др., 2010; Соболев и др., 2013, 2017;

Баженова и др., 2011, 2014; Дахнова и др., 2014; Филипцов и др., 2014; Баженова, 2016; Иванова, 2016].

На северо-востоке Сибирской платформы в разрезе венда выделяется хатыспытская свита Оленекского поднятия и хараютэхская свита Хараулахского выступа. Породы этих отложений с 1950-х годов рассматриваются в качестве потенциально нефтематеринских [Грамберг, 1958; Виноградов, 1962; Натапов, 1962; Коробов, 1963; Крылов и др., 1971; Баженова и др., 1981]. Однако, границы распространения первично обогащенных и обедненных ОВ пород по латерали не определены. Особенности состава пород и компонентов ОВ, а также закономерности распределения углеводородов-биомаркеров метано-нафтеновых и нафтено-ароматических фракций битумоидов современными методами изучены недостаточно [Грамберг, 1958; Натапов, 1962; Баженова и др., 1981; Конторович и др., 1995; Каширцев, 2003, 2004; Соболев и др., 2019; Лежнин и др., 2021].

**Объект исследования** – вендские отложения северо-востока Сибирской платформы: хатыспытская свита Оленекского поднятия Анабарской антеклизы и хараютэхская свита Хараулахского выступа северной части Предверхоянского краевого прогиба.

**Цель** – установить распределение в разрезе и природу органического вещества в породах венда, выявить факторы, контролирующие содержание и состав компонентов органического вещества, оценить породы хатыспытской и хараютэхской свит как возможный источник нефти и газа на северо-востоке Сибирской платформы.

**Научная задача** – с использованием комплекса физико-химических методов определить содержание органического вещества в породах хатыспытской и хараютэхской свит, состав его компонентов, условия формирования, тип и катагенез, оценить генерационный потенциал пород, выявить природу битумоидов и битумов.

**Этапы исследования:**

1. Изучение и обобщение опубликованных материалов о геологическом строении региона, в том числе результатов стратиграфических, литологических, геохимических исследований пород и ОВ вендских отложений северо-востока Сибирской платформы.

2. Сбор нового геологического материала в ходе экспедиционных работ на Оленекском поднятии, его анализ современными физико-химическими методами.

3. Анализ и обобщение результатов геохимического исследования пород и ОВ хатыспытской и хараютэхской свит.

4. Интерпретация результатов исследования геолого-геохимического материала: анализ содержания и распределения ОВ в породах;

определение типа и зрелости ОВ; диагностика первичной миграции битумоидов; выявление особенностей состава и распределения насыщенных УВ и ароматических соединений битумоидов; реконструкция обстановок осадконакопления.

5. На основе полученных результатов исследования органической геохимии и обобщения опубликованных сведений по строению осадочного чехла оценить породы венда в качестве потенциально нефтематеринских, рассмотреть геохимические предпосылки нефтегазоносности венда и нижнего кембрия северо-востока Сибирской платформы.

**Научная новизна.** Впервые детально изучено распространение обедненных и обогащенных ОВ пород в разрезах венда северо-востока Сибирской платформы. Установлено, что хатыспытская свита неравномерно обогащена ОВ. Тонкоплитчатые и листоватые карбонатно-глинисто-кремнистые породы с аномально высоким содержанием ОВ (~10%) обнаружены в маломощном интервале в нижней части второй подсвиты. Породы с повышенным содержанием ОВ (>0,2%, до 4,4%) распространены в верхней части второй подсвиты, в средней части третьей подсвиты и в четвертой подсвите. Обеднены ОВ (<0,2%), как правило, породы верхней части третьей подсвиты. Карбонатные и карбонатно-кремнистые породы средней подсвиты хараютэксской свиты обогащены рассеянным ОВ (обычно >0,4%, до 2,6%).

Впервые методом рентгено-флюоресцентного анализа определены содержания основных породообразующих оксидов в породах хатыспытской свиты. Проанализировано их распределение по разрезу. Выявлено, что для пород верхней части разреза хатыспытской свиты характерны высокие концентрации оксидов кремния и алюминия. Концентрации оксидов кальция и магния широко варьируют по всему разрезу свиты.

Дополнена характеристика состава и распределения насыщенных УВ битумоидов карбонатных, глинисто-кремнисто-карбонатных и карбонатно-кремнистых пород хатыспытской свиты в разной степени обогащенных ОВ. Для серии проб выявлены особенности состава и распределения УВ: близкие концентрации стеранов C<sub>27</sub> и C<sub>29</sub>; присутствие 12- и 13-монометилалканов в следовых количествах; низкое содержание гаммацерана (в том числе в ОВ черных сланцев). Впервые получена количественная оценка содержания фенантронов, дибензотиофенов, моноароматических и триароматических стероидов нафтенароматических фракций битумоидов. Установлено, что условия в хатыспытском бассейне менялись от слабо восстановительных (возможно, субокислительных) до сильно восстановительных, в отдельные периоды

накопления осадка возникла стратификация водного столба и аноксия (вероятно, сероводородное заражение) в придонных водах.

Атомно-молекулярные характеристики компонентов ОВ – изотопный состав органического углерода, составы и распределения насыщенных УВ и ароматических соединений битумоидов для хараютэксской свиты представлены впервые. Предполагается, что породы и ОВ средней подсвиты хараютэксской свиты формировались в слабо восстановительных условиях без стратификации и сероводородного заражения. Источником ОВ пород венда служили эукариоты, прокариоты, археи.

Породы хатыспытской свиты, распространенные на склонах Оленекского поднятия, редко обладают высоким остаточным генерационным потенциалом (по классификации Б. Тиссо и Д. Вельте), чаще – средним и низким. Пиролитические, битуминологические характеристики пород, а также молекулярный состав метано-нафтеновых фракций битумоидов свидетельствуют, что катагенез ОВ хатыспытских отложений, соответствует началу главной зоны нефтеобразования (градация МК<sub>1</sub><sup>1</sup> по шкале А.Э. Конторовича). Породы средней подсвиты хараютэксской свиты полностью реализовали исходно высокий генерационный потенциал, катагенез ОВ этих отложений достигает градаций МК<sub>3</sub><sup>1</sup>–МК<sub>3</sub><sup>2</sup>.

Микроскопический анализ пород хатыспытской свиты в шлифах позволил зафиксировать рассеянные нафтиды в микротрещинах и кавернах. Впервые изучена их органическая геохимия. На основании особенностей молекулярного состава метано-нафтеновых фракций (высокие «нафтеновые горбы» на хроматограммах, присутствие деметилированных терпанов) установлено, что битумоиды этих пород биодegradированы в гипергенезе.

Установлено единство атомно-молекулярного состава в ряду автохтонные битумоиды → параавтохтонные битумоиды → параавтохтонные биодegradированные битумоиды хатыспытской свиты → битумы Восточно-Анабарского и Центрально-Оленекского скоплений в вендских и кембрийских отложениях.

По изотопному составу С<sub>орг</sub> и распределению насыщенных УВ-биомаркеров обоснована связь между ОВ средней подсвиты и битумами верхней подсвиты хараютэксской свиты.

**Фактический материал и методы исследования.** В основу работы легла коллекция из 106 образцов хатыспытской свиты из обнажений среднего течения р. Хорбусуонка, 21 образца средней подсвиты хараютэксской свиты и 4 образцов верхней подсвиты хараютэксской свиты из обнажения на устье ручья Бискебит (низовье р. Лена).

Исследования пород и ОБ были проведены в лаборатории геохимии нефти и газа ИНГТ СО РАН. В основу диссертации легли результаты определения содержания в породе (131 образец) нерастворимого остатка и органического углерода на приборе АН-7529, пиролиза пород (79 проб) и нерастворимых остатков (63 пробы), битума (1 проба) на приборе Weatherford SR-Analyzer – POPI (Pyrolytic Oil Productivity Index), холодной экстракции битумоидов из дробленных пород (109 проб), хроматографии битумоидов (106 проб). Особое внимание уделено изучению насыщенных УВ и ароматических соединений битумоидов. Состав и распределение алкановых УВ были изучены методом газожидкостной хроматографии на приборе Agilent 7820 (106 фракций), полициклических насыщенных УВ (106 фракций), ароматических УВ и дибензотиофенов (102 фракции) – методом хромато-масс-спектрометрии на установке, состоящей из хроматографа Agilent 6890 и масс-спектрометра Agilent 5973N. Определение форм серы и железа в породах методами аналитической химии (43 образца), рентгено-флюоресцентный анализ пород на спектрометре Thermo Electron ARL-9900-XP (20 образцов), определение изотопного состава органического углерода на приборе Finnigan MAT-253 с линией пробоподготовки Conflo III и Flash ES-1112 (66 проб) проводили в ИГМ СО РАН.

При проведении исследований автор опирался на осадочно-миграционную теорию образования нефти, критерии диагностики потенциально нефтематеринских пород и оценки геохимических предпосылок нефтегазоносности, разработанные отечественными и зарубежными исследователями во второй половине XX века [Успенский, 1957; Неручев, 1962; Вассоевич, 1967; Конторович и др., 1967; Конторович, 1976; Тиссо, Вельте, 1981; Баженова и др., 1981; Хант, 1982; Peters, 1986; Лопатин, Емец, 1987; Меленевский, 1991; Peters, Moldowan, 1993].

**Личный вклад автора.** В 2018 году в ходе полевых работ соискателем были изучены разрезы хатыспытской свиты, отобрана новая коллекция пород, выполнено их макроскопическое описание. Проанализированы результаты геохимического исследования пород и органического вещества. В программном обеспечении MSD Chemstation и AMDIS автором проведена идентификация насыщенных и ароматических углеводородов-биомаркеров, серосодержащих соединений путем сравнения масс-спектров и времен удерживания с библиотекой NIST04 и с опубликованными данными, изучены их составы и распределения. Построены геохимические профили изменения содержаний нерастворимого остатка, органического углерода, битумоидов, серы общей, основных породообразующих оксидов в разрезах венда.

Реконструированы условия осадконакопления в вендских бассейнах. Для хатыспытской свиты выделены три геохимические фации и выполнено их сопоставление с этапами развития хатыспытского осадочного бассейна. Уточнена оценка катагенеза ОВ венда. В хатыспытской свите впервые по особенностям состава насыщенных УВ диагностированы биодегрированные рассеянные нефтидопроявления, их наличие подтверждено анализом пород в шлифах. Обобщены новые и архивные материалы лаборатории геохимии нефти и газа по изученности вендских отложений северо-востока Сибирской платформы (хатыспытская и хараютэкская свиты). Полученные результаты интерпретированы с учетом последних достижений в области геологии и органической геохимии докембрийских осадочных последовательностей.

#### **Защищаемые результаты:**

1. Разрез хатыспытской свиты представлен чередованием карбонатных, глинисто-кремнисто-карбонатных, карбонатно-кремнистых пород и силицитов, неравномерно обогащенных органическим веществом, с редкими маломощными прослоями глинисто-карбонатно-кремнистых пород, аномально обогащенных органическим веществом. Закономерности изменения молекулярного состава ее битумоидов отражают чередование обстановок осадконакопления. Во время формирования хатыспытских отложений условия среды менялись от слабо восстановительных (возможно, субокислительных) до сильно восстановительных, со стратификацией водного столба и сероводородным заражением придонных вод.

2. Породы хатыспытской свиты, обогащенные органическим веществом, являются нефтематеринскими, они генерировали нефтиды и были источником битумов в вендских и кембрийских отложениях на территории Анабарской нефтегазоносной области. В карбонатных и карбонатно-кремнистых породах свиты (как правило, в ее верхней части) распространены рассеянные нефтидопроявления. Они генетически связаны с автохтонными битумоидами хатыспытской свиты.

3. Карбонатные и карбонатно-кремнистые породы средней подсвиты хараютэксской свиты венда обогащены органическим веществом. Его катагенез соответствует глубинной зоне газообразования. В разрезе на Чекуровской антиклинали породы подсвиты полностью реализовали исходно высокий генерационный потенциал. Битумы из верхней подсвиты хараютэксской свиты генетически связаны с остаточными битумоидами нефтематеринских пород средней подсвиты.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность результатов обеспечивается детальностью проработки фактического материала, методологическими подходами к исследованию, которые опираются на



осадочно-миграционную теорию нафтидогенеза и учение о стадийности нефтегазообразования. Методы и используемое аналитическое оборудование являются современными и достаточными для решения поставленной научной задачи и достижения цели диссертационного исследования. Достоверность также обеспечивается большим количеством образцов, полнотой и равномерностью их отбора из разрезов, сходимостью результатов при проведении внутреннего контроля, воспроизводимостью результатов при анализе материала в разных лабораториях. Представленные в работе данные продемонстрированы в тексте, таблицах, рисунках. Интерпретация фактических материалов проводилась с учетом последних отечественных и зарубежных достижений в области геологии, геохимии нефти и газа, органической геохимии.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Выявленные закономерности изменения молекулярных составов метано-нафтенных фракций битумоидов хатыспытской свиты позволили предложить критерии для выделения трех геохимических фаций. Показано, что условия в водной среде во время накопления хатыспытских отложений менялись от слабо восстановительных (вероятно, субокислительных) до сильно восстановительных, со стратификацией водного столба и сероводородным заражением придонных вод. Полученные результаты дополняют представление об условиях формирования и распространении обогащенных и обедненных ОВ пород венда на Сибирской платформе, а также имеют фундаментальное значение для уточнения историко-геологической модели развития докембрийских осадочных бассейнов мира.

Сформирована база данных по содержанию органического углерода, генерационным свойствам пород, атомно-молекулярным составам битумоидов и битумов вендских отложений. Она является основой для моделирования генерации, миграции УВ и новой количественной оценки нефтегазоносности осадочных комплексов на северо-востоке Сибирской платформы.

**Апробация работы.** Результаты исследования докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях (г. Томск, 2018, 2020; г. Гетеборг, Швеция, 2019; г. Новосибирск, 2019; 2020, 2021, 2022; г. Монпелье, Франция, 2021; г. Прага, Чехия, 2021; г. Москва, 2021). Материалы настоящего исследования вошли в отчеты по проектам программы фундаментальных научных исследований «Органическая геохимия и история геологического развития доминантных нефтегазовых систем верхнего протерозоя и фанерозоя Сибири» (2019–2021), «Разработка методик оценки ресурсов, разведки и подсчета запасов залежей трудноизвлекаемой нефти в углеродистых карбонатно-глинисто-

кремнистых, карбонатных и засоленных песчаных коллекторах» (2019–2021), «Органическая геохимия нефтепроизводящих пород и нефтидов, геохимические предпосылки нефтегазоносности протерозойских и фанерозойских осадочных бассейнов Сибири и Республики Саха (Якутия), включая Арктическую зону (2022)», «Цифровые геолого-геофизические и петрофизические модели осадочных комплексов с трудноизвлекаемыми запасами нефти в Западной и Восточной Сибири как резерв для прироста запасов и добычи» (2022), проектов РФ «Филогенетические джунгли докембрия: утраченные планы строения эукариот в эволюции биосферы» (2017–2019), «В поисках Чеширского кота: появление и исчезновение первых в истории биосферы эуметазой» (2020–2022), проекта РФФИ «Закономерности формирования обогащенных органическим веществом пород неопротерозойских отложений и их участие в нефтегазообразовании (северо-восток Сибирской платформы, арктическая зона России)» (2020–2022).

По теме диссертационного исследования индивидуально и в соавторстве было опубликовано 5 статей в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов диссертации («Геология и геофизика», «Георесурсы», «Geobiology», «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири»), 19 тезисов и статей в материалах конференций.

**Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения. Объем работы включает 220 страниц, в том числе 67 рисунков, 9 таблиц. Список литературы содержит 282 наименования.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность к.г.-м.н. Т.М. Парфеновой за чуткое руководство, помощь и всестороннюю поддержку при выполнении научно-исследовательской деятельности. За предоставленную в 2017 году коллекцию хатыспытской свиты и за организацию полевых работ на Оленекском поднятии в 2018 году автор искренне благодарит Д.В. Гражданкина, В.И. Рогова, а также Н.В. Быкову, О. Жарасбаева, К.Е. Наговицина за помощь в ходе экспедиционных работ, изучении разрезов, отборе уникального материала. Большинство анализов выполнялось в лаборатории геохимии нефти и газа ИНГГ СО РАН. Автор признателен за проведенные аналитические работы и консультации Н.В. Аксеновой (определение содержания нерастворимого остатка и органического углерода в породах), В.Н. Меленевскому, К.В. Долженко (пиролиз), Н.В. Моисеевой, Е.Г. Гудяевой (экстракция битумоида), Н.П. Вертаковой, Н.П. Шевченко, А.И. Чукановой (хроматография), Е.А. Зубовой (газожидкостная хроматография), Е.Н. Ивановой (хромато-масс-спектрометрия), О.П. Изох, А.Н. Пыряеву (ЦКП МИИ СО РАН, исследование изотопного состава углерода). За обсуждение полученных

результатов, научных идей, дискуссии, поддержку и ценные советы автор благодарит Д.В. Гражданкина, В.А. Каширцева, А.Э. Конторовича, В.И. Рогова, Я.П. Дьюду, А.Дж. Кауфмана, И.М. Бобровского, Й. Брокса, коллективы лаборатории геохимии нефти и газа, лаборатории палеонтологии и стратиграфии докембрия, лаборатории проблем геологии, разведки и разработки месторождений трудноизвлекаемой нефти ИНГГ СО РАН.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

В **первой главе** приведена история изучения и новейшие сведения по региональной геологии и тектонике северо-востока Сибирской платформы, по стратиграфии, литологии, геохимии минерального вещества и ОВ пород вендских отложений (хатыспытской и хараютэжской свит), а также результаты палеогеографических реконструкций и оценок нефтегазоносности осадочного чехла на этой территории. При подготовке раздела автор опирался на труды А.Э. Конторовича, В.А. Каширцева, Т.М. Парфеновой, И.Д. Тимошиной, Т.К. Баженовой, П.Н. Соболева, А.И. Ларичева, М.В. Дахновой, И.А. Ивановой, Л.М. Натапова, И.Д. Поляковой, Ю.А. Филипова, Я.-П. Дьюды (геохимия ОВ), И.С. Грамберга, А.Э. Конторовича, В.А. Каширцева, Т.К. Баженовой, Л.Ф. Найденева, В.Л. Иванова, И.Д. Поляковой, Д.С. Лежнина, Б.А. Клубова, И.С. Гольдберга, А.Ф. Сафронова, А.И. Гусева, (нефтегазоносность и геохимия нафтидов), А.Э. Конторовича, В.А. Конторовича, И.А. Губина, С.А. Моисеева, М.В. Соловьева, А.Ю. Калинина, Д.С. Лежнина, Л.Ф. Найденева (тектоника и региональная геология), В.С. Журавлева, Д.С. Сорокова, И.М. Битермана, М.Н. Коробова, В.А. Виноградова, К.К. Демочкидова, М.С. Якшина, С.А. Воданюка, Б.С. Соколова, М.А. Федонкина, Н.В. Мельникова, В.В. Хоментовского, Г.А. Карловой, В.И. Рогова, К.Е. Наговицина, Д.В. Гражданкина, Р.Б. Шпунта, С.Ф. Бахтурова, Ш. Пелечатого, Э. Нола, Х. Цуя (литология, стратиграфия, палеогеография) и многих других.

Территория исследования охватывает восточную часть Анабарской нефтегазоносной области (НГО), Лено-Анабарскую НГО и северную часть Предвяхонской НГО (Рисунок 1, см. вкл.).

Во **второй главе** описан фактический материал, перечень и описание физико-химических методов, характеристики приборов, используемых в исследовании ОВ и пород в ИНГГ СО РАН и ИГМ СО РАН.

**Третья глава** содержит литолого-стратиграфическую характеристику вендских отложений по материалам из обнажений Оленевского поднятия

и Хараулахского выступа, результаты геохимического исследования минерального вещества пород и содержания органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ ).

Корреляция разрезов хатыспытской свиты в бассейне р. Хорбусуонка проведена В.И. Роговым и Д.В. Гражданкиным. Автором построен сводный разрез хатыспытской свиты на северо-западном склоне Оленекского поднятия. Установлено, что хатыспытская свита сложена преимущественно карбонатными породами (известняками серыми, темно-серыми, черными от грубослоистых до тонкослоистых, в первой и четвертой подсвитах местами интракластовыми, реже доломитами), глинисто-кремнисто-карбонатными, карбонатно-кремнистыми породами, редко силицитами. Изучение геохимии пород показало неравномерное распределение нерастворимого остатка (НО). Породы первой, второй подсвит и нижней части третьей подсвиты, как правило, характеризуются низкими содержаниями НО (<20%), породы верхней части третьей подсвиты и четвертой подсвиты – повышенными и высокими (обычно 40–80%). Содержание общей серы ( $S_{\text{общ}}$ ) изменяется от 0,01 до 1,2%, в среднем составляя 0,3%, и прямо зависит от содержания  $C_{\text{орг}}$ . Высокие содержания серы (>0,5%) характерны для нижней части разреза хатыспытской свиты.

Разрез хараютэхской свиты и нижней части тюсерской свиты в устье ручья Бискебит построен по материалам Т.М. Парфеновой. Анализ коллекции средней подсвиты хараютэхской подсвиты показал, что она сложена серыми карбонатными и темно-серыми, черными карбонатно-кремнистыми тонкослоистыми породами. В нижней части разреза подсвиты содержание НО часто на уровне 40–80%, реже <20%, в верхней части НО <20%. Образцы из верхней подсвиты хараютэхской свиты представлены светлыми карбонатными (НО = 1–4%) и карбонатно-кремнистыми породами (НО = 77%), каверны которых заполнены черным графитоподобным битумом.

**Четвертая глава** включает результаты геохимического исследования пород и ОВ хатыспытской и хараютэхской свит с ретроспективной опубликованных данных и объединяет пять разделов.

В разделе **4.1** показано, что породы хатыспытской свиты крайне неравномерно обогащены рассеянным ОВ. В половине образцов значения  $C_{\text{орг}}$  превышают кларковые (0,2% для карбонатных пород по Н.Б. Вассоевичу (1976)). В разрезе чередуются интервалы преимущественно карбонатных пород, обедненных ( $C_{\text{орг}}$  <0,1%) и слабо обогащенных ОВ ( $C_{\text{орг}}$  до 0,4%), и интервалы глинисто-карбонатных, глинисто-кремнисто-карбонатных, карбонатно-кремнистых пород и силицитов, обогащенных ОВ ( $C_{\text{орг}}$  до 1–4%). Наиболее обогащенные ОВ черные сланцы ( $C_{\text{орг}}$  до 10%) распространены в нижней части второй

подсветы (Рисунок 2, см. вкл.). Изотопный состав углерода ОВ характеризуется значениями  $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$  обычно от -38‰ до -29‰.

В нижней части средней подсветы хараютэхской свиты содержание  $\text{C}_{\text{орг}}$  обычно составляет 0,4–0,8%, повышаясь до 2,6%, в верхней части разреза величина  $\text{C}_{\text{орг}}$  уменьшается снизу-вверх от 1 до 0,2% (Рисунок 3, см. вкл.). Органическое вещество подсветы характеризуется значениями  $\delta^{13}\text{C}_{\text{орг}}$  от -35‰ до -29‰.

Изученная коллекция хатыспытской свиты была разделена на три группы на основе обогащенности пород ОВ, битуминологических характеристик пород, особенностей молекулярного состава насыщенных УВ. Первая объединяет черные сланцы с автохтонными битумоидами, вторая – породы с преимущественно автохтонными битумоидами (реже параавтохтонными), третья – породы с биодеградированными параавтохтонными битумоидами. Результаты в разделах 4.2–4.5 представлены в соответствии с выделенными группами.

В разделе 4.2 представлены результаты пиролиза пород вендских отложений. Для хатыспытской свиты удовлетворительные результаты ( $\text{C}_{\text{орг}} \geq 0,1\%$ ,  $S_2 \geq 0,1$  мг УВ/г породы) были получены для 47 проб. Установлено, что значения  $S_1$  составляют 0,01–1,16 мг УВ/г породы,  $S_2$  – 0,10–73,37 мг УВ/г породы, они увеличиваются с содержанием  $\text{C}_{\text{орг}}$  в породах. Значения индекса продуктивности (PI) обычно  $< 0,1$ , водородного индекса (HI) –  $> 150$  мг УВ/г  $\text{C}_{\text{орг}}$  и достигают 644 мг УВ/г  $\text{C}_{\text{орг}}$  в черных сланцах,  $T_{\text{max}}$  – обычно 431–436 °С.

На пирограммах пород средней подсветы хараютэхской свиты обычно фиксируется низкий пик  $S_1$ , отсутствует пик  $S_2$ . В 8 пробах величины  $S_1$  и  $S_2$  составляют 0,09–0,25 и 0,10–0,62 мг УВ/г породы соответственно, PI – в среднем равны 0,41, HI – 31 мг УВ/ г породы,  $T_{\text{max}}$  – от 439–459 до 497–509 °С. Пик  $S_2$  осложнен несколькими пиками.

Раздел 4.3 посвящен битуминологическим характеристикам пород. Здесь приводятся сведения по выходам битумоидов, значениям битумоидного коэффициента, групповому составу битумоидов, обсуждается сопоставление результатов битуминологических исследований с содержанием НО,  $\text{C}_{\text{орг}}$  в породах и пиролитических характеристик пород. Показано, что битумоиды хатыспытской свиты преимущественно автохтонные, реже параавтохтонные, некоторые из них биодеградированы. Битумоиды средней подсветы хараютэхской свиты остаточные.

В разделе 4.4 приводится подробная характеристика молекулярного состава метано-нафтеновых фракций битумоидов, обсуждаются составы и распределения алканов, стеранов, терпанов, и контролирующие их факторы, демонстрируются хроматограммы, диаграммы связей отношений

стерановых и терпановых УВ. Показано, что биодegradированные битумоиды характеризуются высокими «нафтеновыми горбами» на хроматограммах и присутствием деметилированных 25-норгопанов, -трицикланов, -тетрацикланов. Уделено внимание сравнительному анализу молекулярных характеристик битумоидов с ОВ вендских отложений на Сибирской платформе и в других осадочных бассейнах Евразии.

Раздел 4.5 содержит результаты исследования нафтено-ароматических фракций битумоидов, анализ группового состава и распределений индивидуальных гомологов: фенатрена и метилфенантронов, дибензотиофена и метилдибензотиофенов, моноароматических стероидов и триароматических стероидов. Обсуждаются находки редких УВ-биомаркеров в нафтено-ароматических фракциях битумоидов средней подсвиты хараютэской свиты.

**Пятая глава** посвящена реконструкции биологических источников и обстановок накопления органического вещества вендских отложений северо-востока Сибирской платформы на основе данных по молекулярным составам метано-нафтеновых и нафтено-ароматических фракций битумоидов, содержанию  $S_{\text{общ}}$  в породах.

Предполагается, что источниками рассеянного ОВ хатыспытской и хараютэской свиты были эукариотические сообщества (вероятно, красные, зеленые, празиофитовые водоросли; протисты, например, инфузории), прокариотические сообщества, а также археи. Прокариоты доминировали над эукариотами. По особенностям состава насыщенных УВ битумоидов черных сланцев хатыспытской свиты было выдвинуто предположение, что одним из основных биологических источников их ОВ были фотосинтезирующие прокариоты – вероятнее всего, цианобактерии.

Сопоставление отношения пристана (Pr) к фитану (Ph) с величиной гаммацеранового индекса (GI) позволило выделить для хатыспытской свиты три геохимические фации, каждая из которых отражает условия осадконакопления. Фация 1 ( $Pr/Ph > 0,75$ ,  $GI < 1,6$ ) соответствует слабо восстановительным (возможно, субокислительным) условиям. Фация 2 ( $Pr/Ph < 0,75$ ,  $GI > 1,6$ ), напротив, отвечает сильно восстановительным условиям со стратификацией водного столба и сероводородным заражением придонных вод. Фация 3 ( $Pr/Ph < 0,75$ ,  $GI < 1,6$ ) выделяется в качестве переходной, она характеризует восстановительные и сильно восстановительные условия с отсутствием или слабо выраженной стратификацией вод. Проведен анализ изменения геохимических фаций по разрезу (Рисунок 4, см. вкл.). Показана связь геохимических фаций с этапами развития хатыспытского осадочного бассейна. Повышенные и высокие концентрации дибензотиофенов и  $S_{\text{общ}}$  в породах из нижней части

хатыспытской свиты свидетельствуют, по-видимому, об активном внедрении серы в минеральное и органическое вещество на фоне эвксинных условий, которые сохранялись при накоплении второй подсвиты и нижней части третьей подсвиты.

Выдвинуто предположение, что ОВ средней подсвиты накапливалось в слабо восстановительных условиях, стратификация водной толщи и сероводородное заражение придонных вод отсутствовали, в осадках протекали процессы сульфатредукции и образование дибензотиофенов; однако, для повышения достоверности этих реконструкций необходимо исследование пород и ОВ из разрезов, претерпевших меньший катагенез.

В **шестой главе** обсуждаются геохимические предпосылки, дана оценка нефтегазоносности вендских и кембрийских отложений северо-востока Сибирской платформы. Для диагностики пород хатыспытской свиты и средней подсвиты хараютэхской свиты в качестве потенциально нефтематеринских использовались следующие критерии: 1) обогащенность рассеянным ОВ; 2) предпочтительно сапропелевый (аквагенный) тип ОВ; 3) стадия катагенеза ОВ, соответствующая главной зоне нефтеобразования; 4) следы первичной миграции битумоидов; 5) корреляция атомно-молекулярного состава компонентов рассеянного ОВ потенциально нефтематеринских пород и нафтидов. Критерии были разработаны [Успенский, 1957; Неручев, 1962; Вассоевич, 1967; Конторович и др., 1967; Конторович, 1976; Тиссо, Вельте, 1981; Баженова и др., 1981 и другие].

Показано, что породы **хатыспытской свиты** неравномерно обогащены рассеянным ОВ. В разрезе чередуются интервалы пород, обедненных и слабо обогащенных ОВ, и интервалы пород, обогащенных ОВ, с редкими маломощными прослоями черных сланцев, аномально обогащенных ОВ (Рисунок 2, см. вкл.). Пиролитические характеристики, распределения алканов, стеранов, терпанов, изотопный состав  $C_{орг}$  позволили охарактеризовать ОВ хатыспытской свиты как типовое аквагенное морское (II тип ОВ), обладающее высоким генерационным потенциалом.

Пиролитические, битуминологические характеристики, молекулярные составы метано-нафтеновых и нафтено-ароматических фракций битумоидов позволили оценить катагенез ОВ хатыспытской свиты на Оленекском поднятии на уровне начала главной зоны нефтеобразования (МК<sub>1</sub><sup>1</sup>) и подтвердили выводы предыдущих исследователей. В Суханской впадине и Лено-Анабарском прогибе катагенез ОВ венда может быть выше и достигать градаций апокатагенеза.

Установлено, что большинство битумоидов хатыспытской свиты автохтонные, некоторые – параавтохтонные. По особенностям состава насыщенных УВ были диагностированы биодеградированные битумоиды.

Исследование шлифов пород под микроскопом позволило обнаружить в микротрещинах и кавернах карбонатных и карбонатно-кремнистых пород перераспределенное ОВ (Рисунок 5, см. вкл.). Установлено, что биодegradированные битумоиды генерированы рассеянным ОВ хатыспытской свиты. Анализ их распространения в разрезе показал, что они чаще встречаются в верхах 3 и 4 подсвит (Рисунок 2, см. вкл.).

Подтверждена связь атомно-молекулярного состава ОВ хатыспытской свиты с битумами Восточно-Анабарского и Центрально-Оленекского скоплений в вендских и нижнекембрийских отложениях. В серии проб обнаружены: новое распределение стеранов ( $C_{29} \approx C_{27}$ ), низкие концентрации гаммацера (0,1%), 12- и 13-монометилалканы в следовых количествах. Эти особенности состава и распределения насыщенных УВ можно ожидать и в битумах (и, возможно, нефтях) на северо-востоке Сибирской платформы. Нафтидов, связанных с реализацией генерационного потенциала черными сланцами, пока не обнаружено.

Показано, что породы **средней подсвиты хараютэжской свиты** обогащены аквагенным морским ОВ. Пиролитические характеристики, особенности состава метано-нафтеновых и нафтено-ароматических фракций указали на высокий катагенез ОВ, за пределами главной зоны нефтеобразования (до МК<sub>3</sub> по шкале А.Э. Конторовича), реализацию исходно высокого генерационного потенциала и полное истощение ОВ.

Битумоиды средней подсвиты хараютэжской свиты были отнесены к остаточным. Их природа свидетельствует о протекавших процессах первичной миграции битумоидов. Особенности состава и распределения УВ в метано-нафтеновых фракциях указывают на процессы биодegradации битумоидов, протекавшие в открытом поровом и трещинном пространстве пород на контакте с водой. По результатам изучения атомно-молекулярного состава была обоснована связь между рассеянным ОВ средней подсвиты хараютэжской свиты и исследованными битумами в верхней подсвите хараютэжской свиты.

Таким образом, показано, что по геохимическим критериям породы хатыспытской свиты могут рассматриваться в качестве потенциально нефтематеринских, породы средней подсвиты хараютэжской свиты – в качестве нефтегазоматеринских.

Сравнение оценок масштабов генерации и эмиграции нефти и газа из вендских нефтегазоматеринских пород северо-востока Сибирской платформы объемно-генетическим методом показало, что они существенно разнятся. Это, по-видимому, обусловлено недостатком первичной геологической информации. Новые данные существенно дополняют представления о распространении в разрезах хатыспытской свиты и средней подсвиты хараютэжской свиты интервалов пород,



обогащенных ОВ, их мощности, генерационном потенциале пород, природе и катагенезе ОВ, и могут послужить основой для новых количественных оценок масштабов генерации жидких и газообразных углеводородов на этой территории.

Обобщение информации по строению и характеристикам вендских и нижнекембрийских отложений позволило предположить развитие карбонатных коллекторов трещинно-кавернозного и кавернозно-трещинного типов в туркутской свите на территориях, прилегающих к Оленекскому поднятию, в Лено-Анабарском прогибе, и в ее возрастных аналогах – старореченской свите на восточном склоне Анабарского массива и в Суханской впадине. Роль флюидоупоров на этой территории, вероятно, могут играть аргиллиты и глинисто-карбонатные породы в разрезе кессюсинской серии.

Карбонатные коллекторы кавернозного типа в разрезе венда и нижнего кембрия, вероятно, будут встречены на территории северной части Предверхоянского краевого прогиба и в юго-восточной части Лено-Анабарского прогиба. Песчанистые коллектора порового типа в разрезе кессюсинской серии и ее возрастных аналогах могут быть распространены на территории всего северо-востока платформы. Однако, опираясь на опубликованные данные по геологии и стратиграфии этих отложений, можно предполагать, что их мощность и фильтрационно-емкостные свойства будут резко меняться по латерали. Практически непроницаемые глинисто-карбонатные и карбонатные породы кембрия могут выступать флюидоупором.

Рассеянные нефтидопроявления в карбонатных и карбонатно-кремнистых породах хатыспытской свиты на Оленекском поднятии позволили предположить, что при благоприятных геологических условиях, скопления углеводородов могут быть обнаружены не только в вышележащих вендских и кембрийских отложениях, как это отмечалось ранее, но и в разрезе самой хатыспытской свиты (главным образом, в ее верхних горизонтах).

Результаты исследования и обобщение опубликованных данных показали, что благоприятные геологические условия для реализации генерационного потенциала ОВ пород венда и формирования залежей углеводородов в вендских и нижнекембрийских отложениях, вероятно, будут установлены на территории Суханской впадины и Лено-Анабарского прогиба. Для уточнения оценки перспектив нефтегазоносности на территории Анабарской и Лено-Анабарской нефтегазоносных областей необходимо дальнейшее комплексное геолого-геохимическое и геофизическое изучение указанных структур.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации выполнен анализ распределения органического углерода и битумоидов пород в разрезах венда на северо-востоке Сибирской платформы, изучена природа органического вещества хатыспытской свиты и средней подсвиты хараютэхской свиты.

С применением современных физико-химических методов исследования на основе анализа представительной коллекции на породном (пиролиз, битуминология), молекулярном (газожидкостная хроматография, хромато-масс-спектрометрия) и атомном (изотопия углерода) уровнях оценен генерационный потенциал пород, выявлены особенности состава компонентов ОВ, реконструированы биологические источники и условия накопления, тип и катагенез ОВ вендских отложений Оленекского поднятия и Хараулахского выступа.

Показано, что состав и соотношения углеводородов битумоидов хатыспытской свиты контролировались, во-первых, обстановками осадконакопления в морском бассейне и составами биосообществ, во-вторых, условиями в осадках на этапе диагенеза. Предложены критерии для диагностики трех геохимических фаций. Первая характеризует слабо восстановительные (вероятно, субокислительные) условия, вторая – сильно восстановительные условия со стратификацией водного столба и сероводородным заражением придонных вод; третья выделяется в качестве переходной.

Установлено, что основными процессами, контролирующими современный состав и распределение насыщенных, ароматических УВ и дибензотиофенов битумоидов средней подсвиты хараютэхской свиты являются высокий катагенез (на уровне глубинной зоны газообразования) и гипергенез ОВ.

Выполнена оценка пород хатыспытской свиты и средней подсвиты хараютэхской свиты в качестве источника нефти и газа на северо-востоке Сибирской платформы. Показано, что они участвовали в нефтегазообразовании. На основе молекулярных характеристик битумоидов и изотопного состава  $C_{орг}$  подтверждена генетическая связь между ОВ хатыспытской свиты и битумами в туркутской свите и кессюсинской серии Центрально-Оленекского скопления, битумами в старореченской свите Восточно-Анабарского скопления, обоснована корреляция между ОВ средней подсвиты хараютэхской свиты и битумами в карбонатных породах верхней подсвиты хараютэхской свиты. Предполагается, что залежи нефти, связанные с реализацией генерационного потенциала пород венда, будут обнаружены в карбонатных и терригенных коллекторах вендских и палеозойских

отложений в Суханской впадине, нефти и газа – в Лено-Анабарском прогибе.

Перспективы дальнейшей разработки темы: 1) исследование геохимии пород и ОВ вендских отложений из естественных обнажений (в бассейнах р. Керсюке к западу и р. Беркекит к востоку от р. Хорбусуонка) и скважин с применением современных методов и подходов, представленных в том числе в настоящей работе; 2) моделирование процессов генерации, миграции жидких и газообразных углеводородов породами венда; 3) уточнение количественной оценки нефтегазоносности осадочных комплексов северо-востока Сибирской платформы.

## СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### *В изданиях, входящих в перечень ВАК:*

1. **Мельник Д.С.** Органическая геохимия карбонатных пород, силицитов и черных сланцев хатыспытской свиты венда (эдиакария) северо-востока Сибирской платформы / Д.С. Мельник, Т.М. Парфенова, Д.В. Гражданкин, В.И. Рогов // Геология и геофизика. – 2023. – Т. 64. – № 6. – С. 841-857.

2. **Мельник Д.С.** Новые находки биодegradированных нафтидов в породах хатыспытской свиты венда Оленекского поднятия / Д.С. Мельник // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2022. – Т. 50. – № 2. – С. 48-56.

3. **Мельник Д.С.** Биодegradированные рассеянные битумы в породах хатыспытской свиты венда (неопротерозоя) на северо-востоке Сибирской платформы / Д.С. Мельник, Т.М. Парфенова, В.И. Рогов // Георесурсы. – 2020. – Т. 22 – № 2 – С.37-44.

4. Каширцев В.А. Прямые признаки нефтегазоносности и нефтематеринские отложения Суханского осадочного бассейна Сибирской платформы / В.А. Каширцев, Т.М. Парфенова, С.А. Моисеев, А.В. Черных, Д.А. Новиков, Л.М. Бурштейн, К.В. Долженко, В.И. Рогов, **Д.С. Мельник**, И.Н. Зуева, О.Н. Чалая // Геология и геофизика. – 2019. – Т. 60 – № 10 – С. 1472-1487.

5. Duda J.P. Understanding the geobiology of the terminal Ediacaran Khatyspyt Lagersttte (Arctic Siberia, Russia) // J.P. Duda, G.D. Love, V.I. Rogov, **D.S. Melnik**, M. Blumenberg, D.V. Grazhdankin // Geobiology. – 2020. – V. 18 – № 6 – P. 643-662.

### *В других изданиях:*

6. **Мельник Д.С.** Оценка генерационного потенциала пород хатыспытской свиты венда на северо-востоке Сибирской платформы / Д.С. Мельник // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXII Международного симпозиума им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, (г. Томск, 2-7 апреля 2018 г.): В 2-х т. – Изд-во ТПУ, Томск, 2018. – Т. 1. – С. 311-312.

7. **Мельник Д.С.** Геохимия насыщенных углеводородов-биомаркеров рассеянного органического вещества хатыспытской свиты неопротерозоя (северо-восток Сибирской платформы) / Д.С. Мельник, Т.М. Парфенова, В.И. Рогов // Актуальные проблемы геологии нефти и газа Сибири: Материалы 2-й Всероссийской научной конференции молодых ученых и студентов, посвященной

85-летию акад. А.Э. Конторовича (г. Новосибирск, 12-13 марта 2019 г.) – ИПЦ НГУ, Новосибирск, 2019. – С. 96-99.

8. **Мельник Д.С.** Новые сведения о геохимии органического вещества хатыспытской свиты неопротерозоя (Оленекское поднятие, северо-восток Сибирской платформы) / Д.С. Мельник, Т.М. Парфенова // Трофимуковские чтения - 2019: Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых. (Новосибирск, 7-12 октября 2019 г.) – Новосибирск, 2019. – С. 118-121.

9. **Мельник Д.С.** Органическая геохимия нафтидов хатыспытской свиты венда (северо-восток Сибирской платформы) / Д.С. Мельник, Т.М. Парфенова // Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев: Материалы Всероссийской научной конференции (г. Сыктывкар, 14-16 октября 2019 г.) – ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, 2019. – С. 68-69.

10. **Мельник Д.С.** Первые находки нафтидопроявлений в хатыспытской свите венда (на северо-востоке Сибирской платформы) / Д.С. Мельник // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXIII Международного симпозиума имени акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвящ. 120-летию со дня рожд. акад. К.И. Сагпаева, 120-летию со дня рожд. проф. К.В. Радугина: В 2-х т. – Изд-во ТПУ, Томск, 2019. – Т. 1. – С. 235-237.

11. **Мельник Д.С.** Геохимия ароматических углеводородов и дибензотиофенов битумоидов хатыспытской свиты (неопротерозой, Сибирская платформа) / Д.С. Мельник // Химия нефти и газа: Материалы XI международной конференции, посвященной 50-летию Института химии нефти СО РАН (г. Томск, 28 сентября - 2 октября 2020 г.) – Издательство ИОА СО РАН, Томск, 2020. – С. 25-25.

12. **Мельник Д.С.** Триароматические стероиды в битумоидах пород хатыспытской свиты (неопротерозой, Сибирская платформа) / Д.С. Мельник // Материалы 58-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2020: Геология (г. Новосибирск, 10-13 апреля 2020 г.) – ИПЦ НГУ, Новосибирск, 2020. – С. 97-98.

13. **Мельник Д.С.** Геохимия битумов из пород верхней подсвиты хараютэхской свиты венда (северо-восток Сибирской платформы) / Д.С. Мельник // Материалы 59-й Международной научной студенческой конференции МНСК-2021: Геология (г. Новосибирск, 12-23 апреля 2021 г.) – ИПЦ НГУ, Новосибирск, 2021. – С. 79-79.

14. **Мельник Д.С.** Органическая геохимия потенциально нефтегазопроизводящих пород средней подсвиты хараютэхской свиты неопротерозоя (северо-восток Сибирской платформы) / Д.С. Мельник, Т.М. Парфенова Новые идеи в геологии нефти и газа. Новая реальность - 2021: Сборник научных трудов (по материалам Международной научно-практической конференции) (г. Москва, МГУ им. М.В. Ломоносова, 27-28 мая 2021 г.) – Перо, Москва, 2021. – С. 277-280.

15. **Мельник Д.С.** Параавтохтонные битумоиды в породах хатыспытской свиты венда Оленекского поднятия на северо-востоке Сибирской платформы / Д.С. Мельник / Трофимуковские чтения - 2021: Материалы Всероссийской молодежной

научной конференции с участием иностранных ученых (г. Новосибирск, 11-16 октября 2021 г.) – ИПЦ НГУ – Новосибирск, 2021. – С. 109-112.

16. Каширцев В.А. Геолого-геохимические предпосылки нефтегазоносности Суханского седиментационного бассейна / В.А. Каширцев, Т.М. Парфенова, Л.М. Бурштейн, С.А. Моисеев, А.А. Дешин, К.В. Долженко, **Д.С. Мельник** // Интерэкспо ГЕО-Сибирь: XIV Международный научный конгресс (г. Новосибирск, 23-27 апреля 2018 г.): Междунар. науч. конф. "Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология": Сборник материалов в 6 т. – СГУГиТ, Новосибирск, 2018. – Т. 1 – С. 207-216.

17. Парфенова Т.М. Нафтидопроявления в вендских и кембрийских отложениях в зоне вечной мерзлоты (северо-восток Сибирской платформы) / Т.М. Парфенова, **Д.С. Мельник**, В.А. Каширцев, В.И. Рогов, Б.Б. Кочнев, К.Е. Наговицин, Д.В. Гражданкин // Дегазация Земли: геология и экология - 2018: Международная конференция (г. Москва, 24-26 апреля 2018 г.) – Москва, 2018. – С. 1-4.

18. Парфенова Т.М. Закономерности распределения биомаркеров в органическом веществе хатыспытской свиты венда (северо-восток Сибирской платформы) / Т.М. Парфенова, **Д.С. Мельник** // Геохимия нефти и газа, нефтематеринских пород, угля и горючих сланцев: Материалы Всероссийской научной конференции (г. Сыктывкар, 14-16 октября 2019 г.) – ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, 2019. – С. 76-77.

19. Парфенова Т.М. Органическая геохимия черных сланцев хатыспытской свиты неопротерозоя северо-востока Сибирской платформы / Т.М. Парфенова, В.А. Каширцев, **Д.С. Мельник**, Д.В. Гражданкин // Химия нефти и газа: Материалы XI международной конференции, посвященной 50-летию Института химии нефти СО РАН (г. Томск, 28 сентября - 2 октября 2020 г.) – Издательство ИОА СО РАН, Томск, 2020. – С. 35-35.

20. **Melnik D.** Deposition of the Khatyspyt facies, Northeastern Siberia / D. Melnik, T. Parfenova, D. Grazhdankin, V. Rogov [Электронный ресурс] // 29th International Meeting on Organic Geochemistry (IMOG-2019) (Gothenburg, Sweden, September, 1-6, 2019): Book of abstract – Gothenburg, 2019. – P. 1-2. Режим доступа: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201902903>

21. **Melnik D.S.** Aromatic hydrocarbons and dibenzothiophenes from the Late Neoproterozoic Khatyspyt Formation (Siberian Platform) [Электронный ресурс] / D.S. Melnik, T.M. Parfenova // 30th International Meeting on Organic Geochemistry (IMOG-2021) (Montpellier, France, 12-17 September 2021) – Montpellier, 2021. – P. 1-2. Режим доступа: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202134203>

22. Duda J.-P. Reading the Siberian record: unravelling the geobiology of the Ediacaran Khatyspyt lagerstätte (Arctic Siberia, Russia) [Электронный ресурс] / J.-P. Duda, V. Rogov, **D. Melnik**, G. Love, M. Blumenberg, D. Grazhdankin // 29th International Meeting on Organic Geochemistry (IMOG-2019) (Gothenburg, Sweden, September, 1-6, 2019): Book of abstract – Gothenburg, 2019. – P. 1-2. Режим доступа: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.201903056>

23. Parfenova T. Deposition of black shales of the Ediacaran Khatyspyt Formation in Siberia / T. Parfenova, V. Kashirtsev, **D. Melnik**, D. Grazhdankin 35th IAS Meeting of Sedimentology Virtual Meeting Prague, Czech Republic (21-25 June 2021): Book of abstracts – Olomouc, 2021. – P. 347-347.

24. Parfenova T.M. First insights into organic geochemistry of the Late Neoproterozoic Kharayutekh Formation, Northeastern Siberia / T.M. Parfenova, **D.S. Melnik** // 30th International Meeting on Organic Geochemistry (IMOG) (Montpellier, France, 12-17 September 2021) – Montpellier, 2021. – P. 1-2.

---

Технический редактор Т.С. Курганова

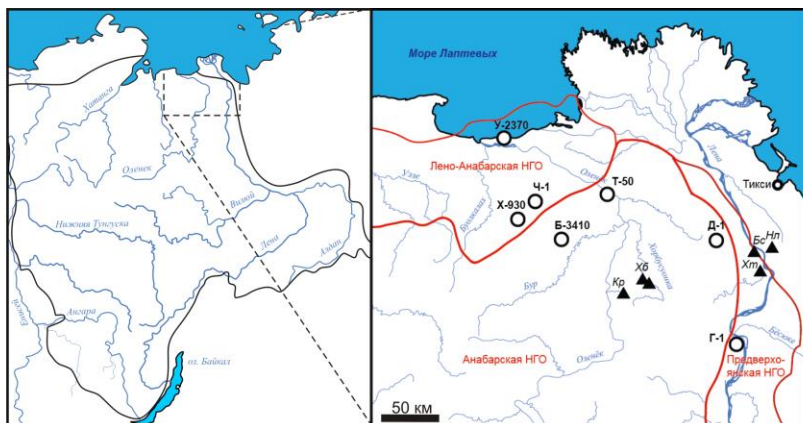
Подписано к печати 08.12.2023

Бумага 60x84/16. Бумага офсет № 1. Гарнитура «Таймс».

Печ. л. 1,0. Тираж 120. Заказ № 224

---

ИНТ СО РАН, ОИТ, 630090, Новосибирск, пр-т Ак. Коптюга, 3.



1 2 3 4 5

Рисунок 1 – Схема изученности вендских отложений на северо-востоке Сибирской платформы. Условные обозначения: 1 – границы Сибирской платформы; 2 – гидрография; 3 – границы нефтегазоносных областей; 4 – скважины: У-2370 – Усть-Оленевская-2370, Х-930 – Хастакская-930; Ч-1 – Чарыкская-1, Б-3410 – Бурская-3410; Д-1 – Дыпшальская-1; Т-50 – Тюмятинская-50; Г-1 – Говоровская-1. 5 – выходы изучаемых вендских отложений на дневную поверхность; Кр – р. Керсюке, Хб – р. Хорбусуонка, Бс – р. Бискеебит, Хт – р. Хатыстых, Нл – р. Нэлзгер.

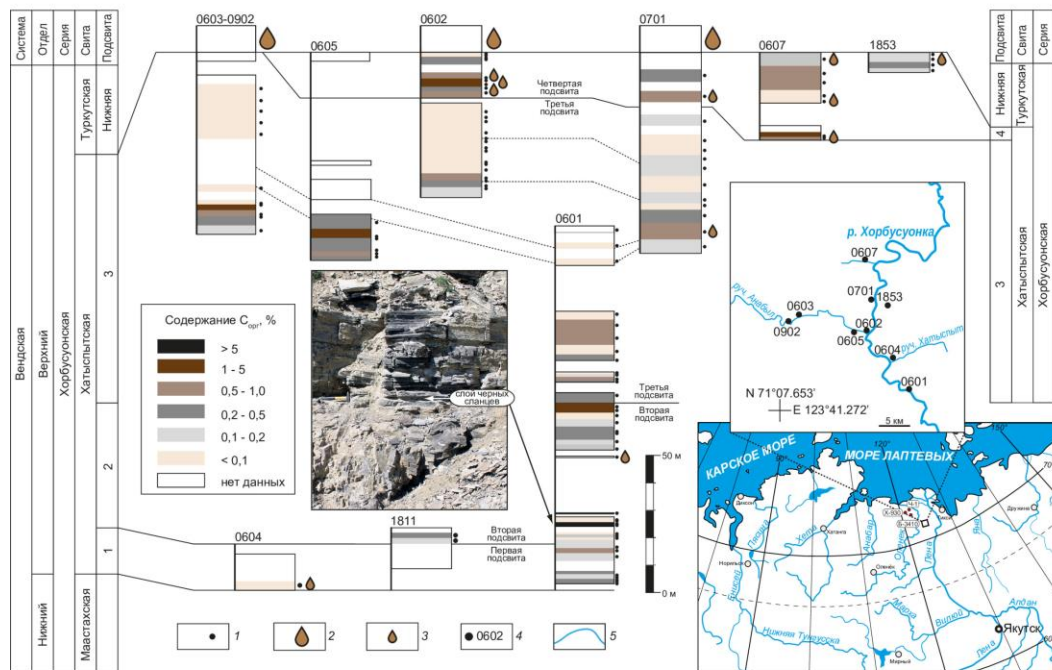


Рисунок 2 – Схема изменения содержания  $C_{бит}$  и распространение битумидов в разрезах хатыспытской свиты на Оленекском поднятии. [Мельник и др., 2023].

Условные обозначения: 1 – уровни отбора образцов, 2 – уровни макроскопических битумопроявлений в туркутской свите [Каширцев и др., 2019], 3 – уровни микроскопических битумопроявлений в хатыспытской свите [Мельник и др., 2020; Мельник, 2022], 4 – номер обозначения, 5 – гидрография; Б-3410 – скв. Бурская-3410, Х-930 – скв. Хастакская-930, Ч-1 – скв. Чарыкская-1.

Рисунок 3 – Литолого-геохимическая характеристика разреза средней подсвиты хараотэжской свиты в устье ручья Бискеебит.

Условные обозначения:  
1 – песчаники;  
2 – известняки;  
3 – карбонатные породы с тончайшими прослоями черных кремнистых пород;  
4 – черные тонкоплитчатые карбонатно-кремнистые породы;  
5 – кальцитовая жила с битумом;  
6 – известняки с включениями графитоподобного битума;  
7 – уровень отбора образца и его номер.

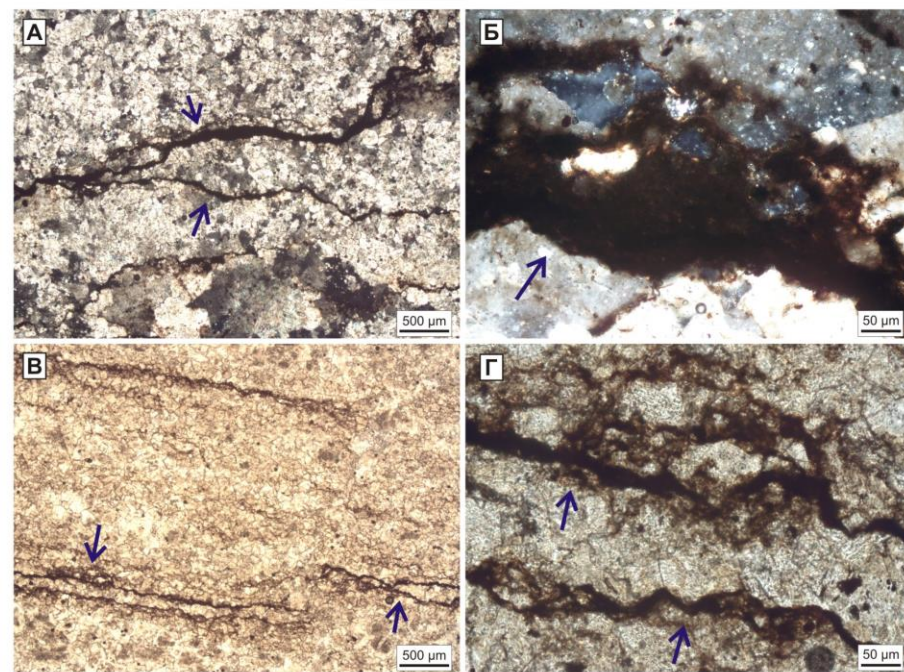
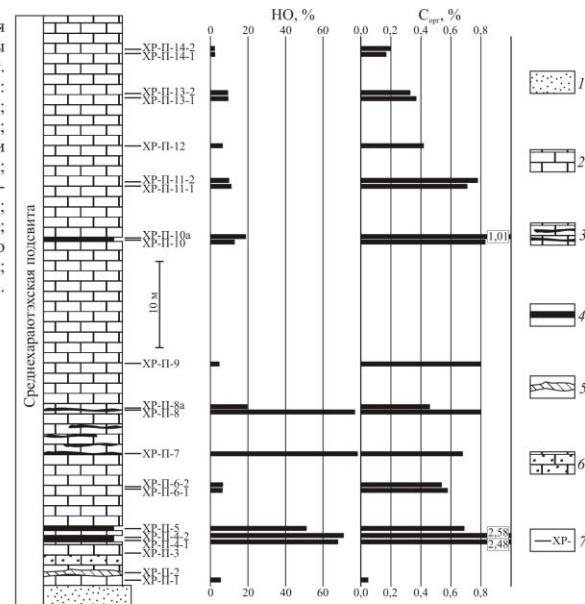


Рисунок 5 – Типовое распределение битумопроявлений в микротрещинах пород хатыспытской свиты [Мельник и др., 2020].

Фотографии шлифов, сделанные под микроскопом в проходящем свете: А, Б – образца К602-42.9 (известняк); В, Г – образца К602-53.3 (известняк кремнистый).

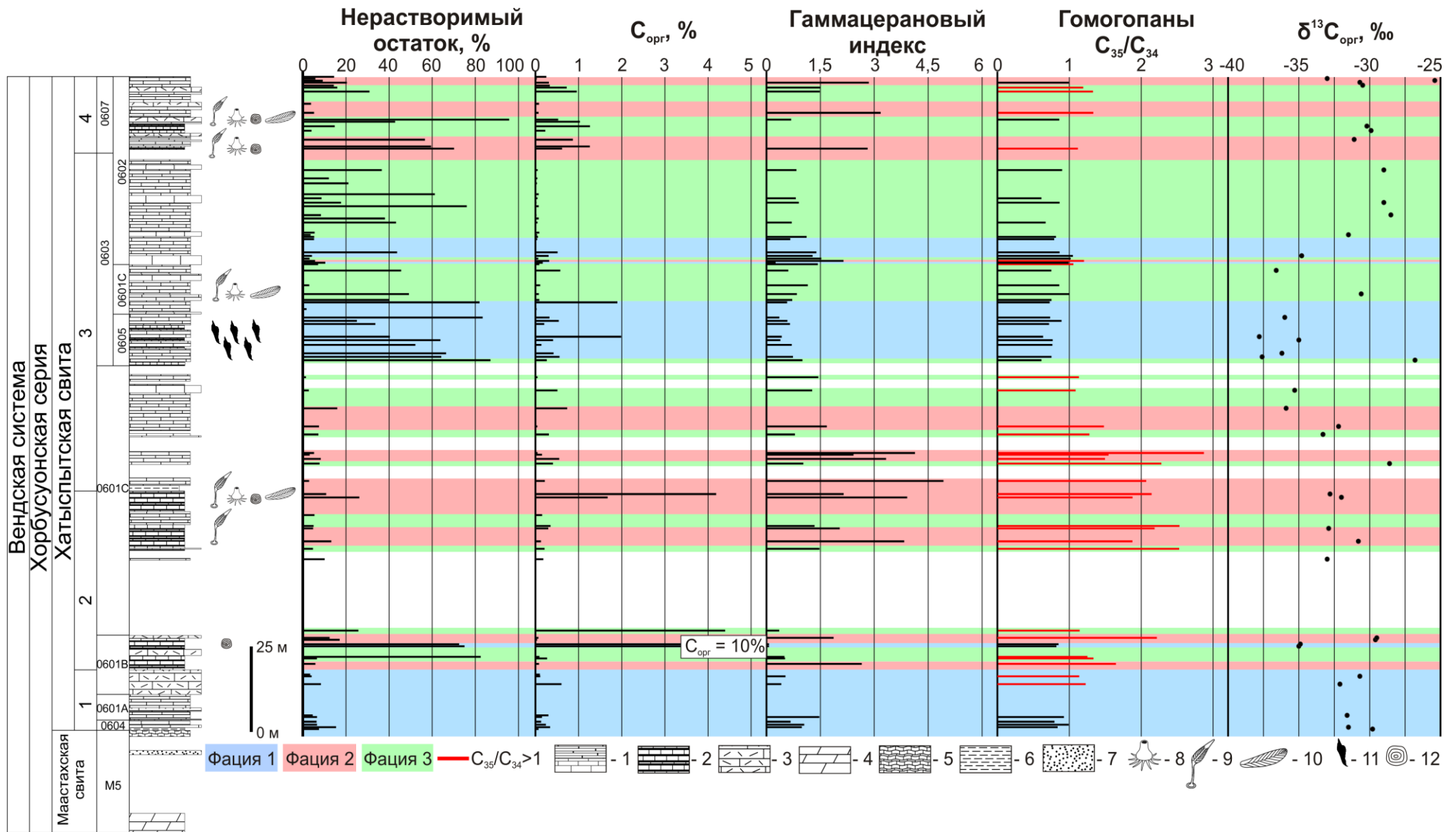


Рисунок 4 – Литолого-геохимическая характеристика сводного разреза хатыспытской свиты Оленекского поднятия.

Условные обозначения: 1 – известняки, 2 – чередование известняков и аргиллитов, 3 – известняки интракластовые, 4 – доломиты, 5 – доломиты микробалитовые, 6 – аргиллиты, 7 – песчаники; отпечатки макроорганизмов (по материалам Grazhdankin et al., 2008, 2014; Cui et al., 2016; Vykova et al., 2017, 2020, Pогов, 2022): 8 – *Hiemalora*, 9 – *Khatyspytia grandis*, 10 – *Charnia masoni*; 11 – макроводоросли в органостенной сохранности; 12 – дисковидные отпечатки макроколоний прокариот.