

*На правах рукописи*

**РОГОВ Владимир Игоревич**

**СТРОЕНИЕ И ОБСТАНОВКИ ФОРМИРОВАНИЯ  
ХАТЫСПЫТСКОГО ЛАГЕРШТЕТТА В  
КОНТЕКСТЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ  
ВЕРХНЕГО ВЕНДА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО  
СКЛОНА ОЛЕНЕКСКОГО ПОДНЯТИЯ СИБИРИ**

**1.6.2 – палеонтология и стратиграфия**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2022

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

**Научный руководитель:**

**Гражданкин Дмитрий Владимирович**

Доктор геолого-минералогических наук, профессор РАН

**Официальные оппоненты:**

**Иванова Наталья Алексеевна**, кандидат геолого-минералогических наук, начальник отдела геологии и нефтегазоносности древней платформы Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья (АО «СНИИГГиМС»);

**Журавлев Андрей Юрьевич**, доктор биологических наук, профессор кафедры биологической эволюции биологического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова».

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии и геохронологии докембрия РАН.

Защита состоится **18 октября 2022 г. в 10:00** на заседании диссертационного совета **24.1.087.01** на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук (ИНГГ СО РАН), в конференц-зале.

Отзыв в двух экземплярах оформленный в соответствии с требованиями Минобрнауки России (см. вклейку) просим направлять по адресу:

630090, г. Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3

Факс +7 (383) 330-28-07, 333-25-13,

e-mail: [ObutOT@ipgg.sbras.ru](mailto:ObutOT@ipgg.sbras.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте ИНГГ СО РАН

<http://www.ipgg.sbras.ru/ru/education/theses/d003-068-01/rogov2022>

Автореферат разослан «\_\_\_»

2022 г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета, к.г.-м.н.

Обут О.Т.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность избранной темы и степень ее разработанности.** Периодизация позднепротерозойского этапа геологической истории не теряет своей актуальности, являясь основополагающей проблемой, над которой работают ведущие отечественные и зарубежные специалисты – стратиграфы, палеобиологи, седиментологи, геохимики и геофизики, занимающиеся вопросами происхождения и эволюции системы Земли. В этой связи разрез вендских отложений северо-западного склона Оленекского поднятия, – это один из важнейших опорных разрезов верхнего протерозоя Северной Евразии. Стратиграфическое и палеобиологическое изучение этого разреза имеет фундаментальное научное значение. В российской литературе разрез вендских отложений Оленёкского поднятия нередко фигурирует как гипостратотип венда [Sokolov, Fedonkin, 1984] и синстратотип нижней границы томмотского яруса кембрия [Розанов, Соколов, 1980; Rozanov, Sokolov, 1982; Соколов, 1984, 1985, 1995]. Этот разрез содержит таксономически разнообразный комплекс позднепротерозойских ископаемых мягкотелых организмов [Sokolov, Fedonkin, 1984; Dzik, 2003; Fedonkin et al., 2007; Serezhnikova, 2007; Grazhdankin et al., 2008; Выкова et al., 2017, 2020]; древнейший в мире комплекс таксономически идентифицируемых мелких скелетных остатков [Карлова, 1987; Рогов и др., 2015; Nagovitsin et al., 2015]; древнейшие в мире признаки перемешивания осадка роющими организмами [Rogov et al., 2012, 2013a, 2013b]; самое высокое в мире количественное, таксономическое и экологическое разнообразие ископаемых следов жизнедеятельности [Федонкин, 1985; Dzik, 2005; Марусин, дисс. ... канд. геол.-мин. наук, 2016]; ключевые для глобальной корреляции изотопно-геохронологические и изотопно-геохимические характеристики [Bowring et al., 1993; Knoll et al., 1995; Pelechaty et al., 1996; Kaufman et al., 2012; Рогов и др., 2015; Cui et al., 2016; Vishnevskaya et al., 2017; Grazhdankin et al., 2020].

С точки зрения палеобиологии, особый интерес в разрезе венда северо-западного склона Оленекского поднятия представляет хатыспытская свита, в которой установлено местонахождение ископаемых остатков эдиакарских мягкотелых макроорганизмов, демонстрирующих уникальную сохранность мягких тканей в карбонатном осадке, а также высокое количественное разнообразие и экологические особенности биоты, практически не имеющие аналогов в мире [Федонкин, 1987; Воданюк, 1989; Grazhdankin et al., 2008; Bykova et al., 2017]. Хатыспытская свита по праву может считаться лагерштеттом, позволяющим изучать прежде неизвестные и в обычных условиях как правило не сохраняющиеся особенности ископаемых экосистем позднепротерозойского возраста в преддверии кембрийского «взрыва».

Предыдущими исследователями проделана большая работа по изучению палеонтологических остатков и разработке стратиграфической шкалы венда Оленекского поднятия [Гусев, 1950; Журавлев, Сороков, 1954; Битерман, Горшкова, 1962; Шпунт, 1979; Вендская система..., 1985; Карлова, 1987; Якшин, 1987; Воданюк, Карлова, 1988; Bowring et al., 1993; Knoll et al., 1995; Pelechaty et al., 1996; Grazhdankin et al., 2008]; однако, процесс разработки шкалы остался не завершенным: свиты до сих пор не имеют стратотипов, как того требует Стратиграфический кодекс; отсутствует современное детальное описание осадочной последовательности; остаются слабо изученными особенности распределения ископаемых остатков в разрезах; существуют разногласия в отношении характера границы между свитами, а также происхождения и возраста разнообразных брекчий в разрезе венда. Установленные в хатыспытской свите ископаемые следы *Nenoxites curvus* Fedonkin в настоящее время рассматриваются международным научным сообществом в качестве кандидатуры индекс-таксона нижней границы терминального яруса эдиакария [Tarhan et al., 2014], что делает изучение разреза венда Оленекского поднятия как никогда актуальным. Наконец, анализ любого лагерштетта не возможен

без детального изучения седиментологических особенностей, фациальной и биофациальной изменчивости и восстановления условий осадконакопления с дальнейшей реконструкцией обстановок осадконакопления отложений.

Актуальность определила выбор **объекта исследования**, в роли которого выступает хатыспытская свита хорбусуонской серии верхнего венда северо-западного склона Оленекского поднятия Сибири и содержащиеся в них комплексы ископаемых остатков; кроме того, в работе также подробно рассматривается вышележащая туркутская свита, характер нижней границы которой до сих пор является дискуссионным. **Предмет исследования** диссертационной работы – особенности формирования вендских отложений северо-западного склона Оленекского поднятия Сибири и закономерности пространственно-временного распределения ископаемых остатков и ископаемых следов жизнедеятельности *Nenoxites curvus* Fedonkin.

**Цель работы** – изучить строение и реконструировать обстановки формирования верхневендского хатыспытского лагерштетта северо-западного склона Оленекского поднятия Сибири. Для достижения цели решались следующие **задачи**:

- (1) провести литологическое изучение, генетический и парагенетический анализы хатыспытской и туркутской свит;
- (2) реконструировать обстановки осадконакопления хатыспытской и туркутской свит хорбусуонской серии и перекрывающих брекчий в разрезах по пр. Хорбусуонке и Керсюке;
- (3) провести биофациальный анализ хатыспытской и туркутской свит (выделить совокупности остатков ископаемых организмов, приуроченных к определенным фациям);
- (4) выявить роль ископаемых следов жизнедеятельности *Nenoxites curvus* Fedonkin в формировании облика отложений и провести их текстурный анализ хатыспытской свиты.

**Научная новизна и личный вклад.** Впервые изучено строение и восстановлены обстановки формирования верхневендского хатыспытского лагерштетта. Интеграция

оригинальных результатов литолого-седиментологического и палеонтологического изучения хатыспытской свиты позволила построить биофациальную модель лагерштетта, а одним из важнейших фундаментальных итогов проделанной работы явилось доказательство широкого распространения процессов биоперемешивания карбонатного осадка роющими организмами в позднем венде. Тщательный анализ ископаемых следов жизнедеятельности *Nenoxites curvus* Fedonkin из хатыспытской свиты впервые показал, что вопреки всем гипотезам и предположениям, древнейшие в истории Земли ихнотекстуры имеют вендский возраст, связаны с освоением новых пищевых ресурсов, и приурочены к обстановкам среднего и внутреннего рампа. Кроме того, лично автором проведено детальное изучение всех опорных разрезов, выделены новые маркирующие слои и интервалы, выявлена сложная фациальная структура, предложена новая схема расчленения и сопоставления разрезов хатыспытской и туркутской свит бассейна р. Оленек (рр. Хорбусуонка и Керсюке). Впервые установлены стратотипы, приведено послонное описание опорных разрезов, разработана секвенс-стратиграфическая номенклатура для хатыспытской и туркутской свит. Впервые показана связь стратиформных брекчий и жерловых туфобрекчий, предложено выделять тас-юряхский вулканический комплекс, существенно уточнены стратиграфическое положение комплекса и характер взаимоотношения с вмещающими отложениями.

**Теоретическая и практическая значимость.** Результаты реконструкции условий и обстановок обитания хатыспытской биоты (в составе которой присутствуют таксоны авалонской биотической ассоциации) могут привести к глобальному пересмотру представлений об относительно глубоководном характере среды обитания авалонской биоты. Древнейшие в истории Земли признаки биоперемешивания осадка в хатыспытской свите имеют фундаментальное теоретическое и прикладное значение для филогенетических реконструкций, так как позволяют уверенно предполагать существование последнего

общего предка билатерий, по крайней мере, 555 млн лет назад. Предложенная в работе схема расчленения верхневендских отложений северо-западного склона Оленекского поднятия может быть использована при совершенствовании местной и региональной стратиграфических схем верхнего протерозоя Сибирской платформы. Результаты изучения ихнотекстур (текстуры, свидетельствующие о перемешивании осадка организмами) позволяют проводить дальнемагистральную корреляцию с другими разрезами, в которых установлено аналогичное событие появления роющих организмов, что в свою очередь позволяет уточнить возраст хатыспытской свиты. Новые данные о распределении ископаемых остатков расширяют палеонтологическую характеристику опорных разрезов венда Оленекского поднятия, тем самым показывая их значимость для межбассейновых построений. Представленные в работе результаты изучения позволяют предлагать разрез северо-восточного склона Оленекского поднятия в качестве кандидата для установления нижней границы терминального яруса эдиакария Глобальной стандартной хроностратиграфической шкалы. Наконец, результаты реконструкции условий и обстановок формирования хатыспытского лагерштетта имеют определенное методологическое значение, так как позволяют совершенствовать методику изучения местонахождений ископаемых остатков с уникальной сохранностью в карбонатном осадке, а также выявлять глобальные закономерностей формирования и распространения лагерштеттов.

Полученные результаты имеют особую практическую значимость в связи с тем, что к вендским и верхам рифейских отложений приурочены крупные месторождения углеводородов как в России (Предпатомский, Иркутский бассейны, Юрубчено-Тохомская зона нефте-газонакопления и др.), так и в других регионах мира (Китае, Омане), поэтому проведенное уточнение стратиграфической шкалы способствует более обоснованно подходить к поиску и прогнозу месторождений.

**Фактический материал и методы диссертационного исследования.** Материалом для исследований послужили

полевые наблюдения и коллекции образцов (более 1000 шт), собранные в период с 2009 по 2019 гг. в результате изучения более 33 обнажений хорбусуонской серии и нижней части кессюсинской серии венда северо-западного склона Оленекского поднятия, расположенных в верхнем и среднем течении р. Хорбусуонки от руч. Атырджак до устья руч. Маттайа и по крупным притокам – руч. Хатыспыт, Анабыл, Тас-Юрях, а также в бассейне р. Керсюке и в среднем течении р. Оленек от устья руч. Чускуна до устья руч. Сыаргалах. Изучение проведено с использованием комплекса литолого-седиментологических, секвенс-стратиграфических, изотопно-геохимических и палеонтологических методов.

К работе дополнительно привлекались материалы и наблюдения, полученные С. А. Воданюком, Г. А. Карловой, Н. В. Быковой, Ю. Ю. Гоем, Д. В. Гражданкиным, Б. Б. Кочневым, В. В. Марусиным и К. Е. Наговициным, а также зарубежных коллег – А. Дж. Кауфмана (University of Maryland, USA), Ш. Шао (Virginia Polytechnic Institute and State University, USA) и С. Пик (USGS, USA). Кроме того, при написании глав диссертации «Краткий очерк истории изучения венда бассейна р. Оленек» и «Основные типы разрезов и новые данные по стратиграфии венда северо-западного склона Оленекского поднятия» была использована дополнительная информация из геологических отчетов, хранящихся во ФГУП ВНИИОкеангеологии им. И.С. Грамберга (г. Санкт-Петербург).

В качестве сравнительного материала привлекались результаты полевого изучения формации Drook, Briscal и Mistaken Point, Trepassey и Fermeuse (о. Ньюфаундленд, Канада), полученные автором в 2015 г. совместно с зарубежными коллегами – А. Лю (University of Cambridge, UK) и Д. Макилроем (Memorial University, Newfoundland, Canada).

#### **Степень достоверности и апробация результатов.**

Основные результаты работы были представлены на многочисленных российских и зарубежных конференциях, совещаниях и конгрессах (г. Екатеринбург (2010), г. Томск (2010), г. Новосибирск (2010, 2011), г. Ретимнон, Греция (2011), г. Грац,

Австрия (2015), г. Москва (2021), г. Санкт-Петербург, (2021). Кроме этого, результаты по стратиграфии неоднократно докладывались на заседаниях СибРМСК (СНИИГГиМС, г. Новосибирск), и в последствии использовались при составлении региональных стратиграфических схем.

Исследования по теме диссертации по результатам конкурсного отбора и экспертизы поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований (2012-2013 гг.) (проект № 12-05-31421 «Хатыспытский лагертетт: седиментологические, экологические и диагенетические условия формирования»).

По теме диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе – 10 статей в рецензируемых научных журналах, индексируемых в базе данных Web of Science.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, двух разделов – литолого-седиментологического (главы 1, 2, 3, 4) и палеонтологического (главы 5, 6, 7), заключения и списка литературы, включающего в себя 261 наименование, в том числе зарубежных 160, содержит 66 рисунков. Общий объем работы составляет 192 страницы.

**Часть 1. Строение и обстановки осадконакопления верхневендских отложений северо-западного склона Оленекского поднятия.** Включает в себя 4 главы и посвящена истории изучения отложений (глава 1), детальному описанию основных типов разрезов Оленекского осадочного бассейна, расчленению и корреляции хатыспытской и туркутской свит (глава 2), а также фациально-генетическому анализу хорбусуонской серии на северо-западном склоне Оленекского поднятия (глава 3). В главе 4 приведено обсуждение результатов изучения вулканических образований, а также их взаимоотношения с вмещающими отложениями.

**Часть 2. Тафономические и экологические особенности поздневендской биоты Оленекского поднятия Сибирской платформы.** Включает в себя 3 главы, посвящённые изучению тафономических и экологических особенностей хатыспытской

биоты и выделению биофаций хатыспытской свиты хорбусуонской серии (глава 5). В главе 6 приведено ревизованное описание ихновида *Nenoxites curvus* Fedonkin, а в главе 7 – результаты ихнотекстурного анализа хатыспытской свиты.

**Благодарности.** Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю Д.В. Гражданкину, а также всему коллективу Лаборатории палеонтологии и стратиграфии докембрия Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (г. Новосибирск), в особенности В.В. Марусину, Ю.Ю. Гою, Н.В. Быковой, А.В. Колесникову, Г.Е. Маркову, Г.А. Карловой, К.Е. Наговицину, И.Ф. Чайке, Д.С. Мельнику и Б.Б. Кочневу за помощь в организации полевых работ, многочисленные консультации и дискуссии. В процессе работы ценные предложения и советы по изучению пород были получены от Р.А. Шелепаева (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск), А.Э. Изоха (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск), А. С. Гибшера (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск) и О.П. Изох (ИГМ СО РАН, г. Новосибирск). Кроме того, хотелось бы выразить особую благодарность чл.-корр. РАН А.В. Маслову (ГИН РАН, г. Москва), чл.-корр. РАН В.А. Каширцеву (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск), Н.В. Сенникову (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск), М.Т. Крупнину (ИГГ УрО РАН, г. Екатеринбург), И.В. Коровникову (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск), Е.А. Предтеченской (СНИИГГиМС, г. Новосибирск), И.В. Вараксиной (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск), Л.Г. Вакуленко (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск) и Н.В. Быковой (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск) взявших на себя труд по детальному прочтению рукописи и высказавших ценные замечания. Зарубежные коллеги А. Дж. Кауфман (University of Maryland, USA), Ш. Шао (Virginia Polytechnic Institute and State University, USA), Х. Цуй (University of Paris, France), Я.-П. Дуда (University of Tübingen, Germany) принимали участие в обсуждении результатов.

Работа выполнена в Институте нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН (г. Новосибирск) в ходе реализации программ фундаментальных научных исследований

по проектам № 7.2.1.1 и № VIII.68.1.1. Отдельные аспекты исследований выполнены при поддержке РФФИ (гранты №№ 09-05-00520, 10-05-00953, 12-05-00012, 12-05-31421, 16-35-00320, 18-05-70110) и РНФ (гранты №№ 14-17-00409, 17-17-01241, 20-67-46028).

## **ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ**

*Защищаемое положение 1.* Хатыспытская и туркутская свиты хорбусуонской серии венда северо-западного склона Оленекского поднятия Сибирской платформы не образуют латеральный фациальный ряд, но являются самостоятельными осадочными системами, сформировавшимися, соответственно в обстановках рампа и карбонатной платформы. Образование хатыспытского легерштетта происходило в условиях некомпенсированного карбонатакопления под действием гравитационных потоков в пределах относительно узкой отрицательной палеоструктуры, простиравшейся с юго-востока на северо-запад.

Защищаемое положение 1 раскрыто в подглаве 3.3-3.4 и основано на фактическом материале, изложенном в главах 2 и 3.

Хатыспытская свита была выделена В. С. Журавлевым и Д. С. Сороковым, которые условно отнесли ее к нижней части нижнего кембрия, не исключая при этом более древний (протерозойский) возраст [Журавлев, Сороков, 1954]. В отношении строения хатыспытской свиты существует несколько точек зрения: 1. Свита с размывом залегает на маастахской свите, имеет однообразное строение и постепенно переходит в туркутскую свиту [Якшин, Воданюк, 1986]; 2. Свита с размывом залегает на маастахской свите, имеет двучленное деление и постепенно переходит в туркутскую свиту [Шпунт, 1979; Knoll et al., 1995]; 3. Свита согласно залегает на маастахской свите, имеет трехчленное деление и согласно перекрывается туркутской свитой [Красильщиков, Битерман, 1970].

В процессе ревизии стратиграфической схемы объем хатыспытской свиты был незначительно сокращен с 196 до 184.47 м, при этом нижняя терригенная часть была помещена в состав маастахской свиты, а в хатыспытской свите выделены (Рисунок 1). Маастахская свита в бассейне р. Хорбусуонки залегает с размывом на различных горизонтах дебенгдинской и хайпахской свитах рифея [Якшин, Воданюк, 1986], тогда как граница между маастахской и хатыспытской свитами имеет палеокарстовую природу. Граница между хатыспытской и туркутской свитами охарактеризована четкой литологической сменой тонкослоистых неяснокристаллических известняков на неяснокристаллические доломитолиты. Кровля туркутской свиты представляет собой поверхность палеокарста и перекрывается базальными песчаниками сыаргалахской свиты кессюсинской серии.

В рамках диссертационной работы был проведен микрофациальный анализ карбонатных пород хатыспытской и туркутской свит. Учитывая микрофациальный состав отложений и текстурно-структурные особенности хатыспытской свиты (Рисунок 2) ее накопление происходило главным образом в пределах внешней и средней зоны карбонатного рампа. Осадочная система туркутской свиты реконструируются как карбонатная платформа, окаймленная поясом биогермных микробиальных построек. Несмотря на сложное фациальное строение, для нижней подсвиты туркутской свиты характерен набор микрофаций (Рисунок 3), отвечающий собственно биогермному поясу, тогда как верхняя подсвита характеризует наиболее проксимальные участки, располагавшиеся между биогермным поясом и приливо-отливным побережьем.

Как говорилось ранее, маастахская, хатыспытская и туркутская свиты отделены друг от друга несогласными (секвентными) границами, что позволяет их рассматривать как три отдельные крупные осадочные системы (секвенции). Формирование хатыспытской осадочной системы происходило в три этапа (Рисунок 4): на **первом** этапе (охватывает первую и вторую подсвиты) в осадочном бассейне функционировал

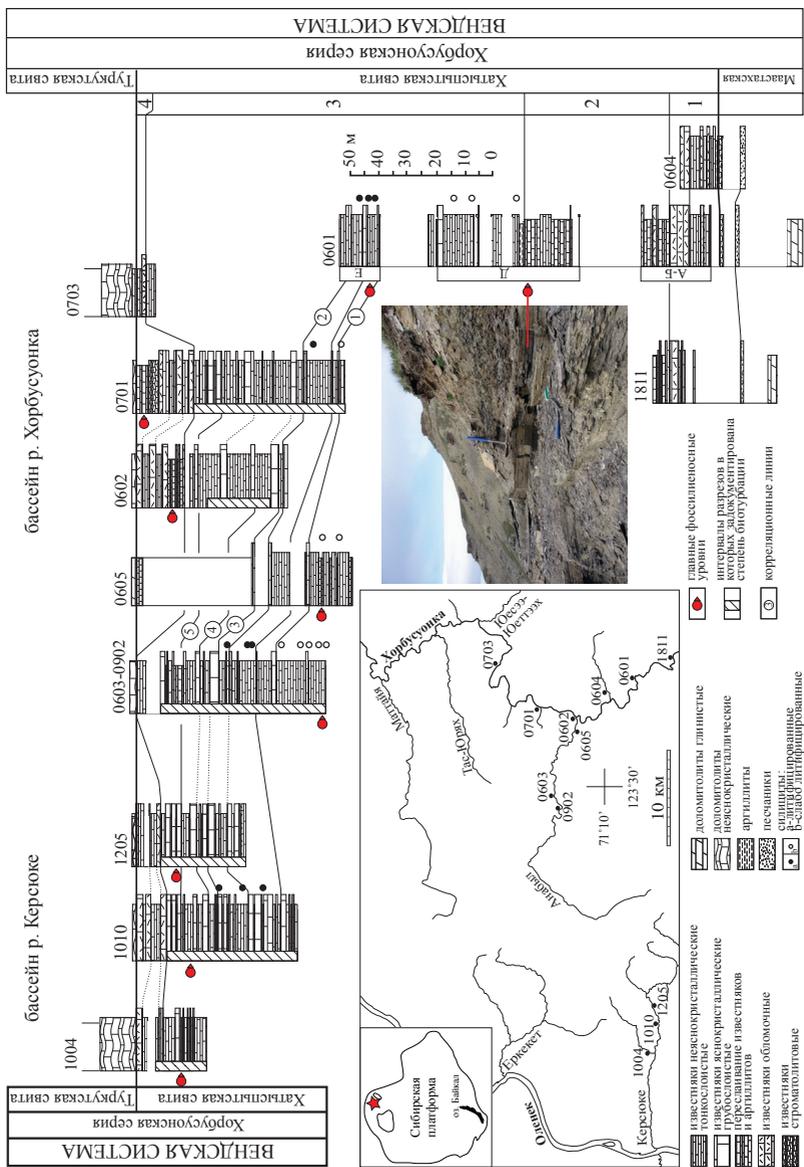


Рисунок 1 - Схема корреляции разрезов хатыспытской свиты

Пунктирными линиями показаны предполагаемые линии корреляции; сплошными линиями – линии уверенной корреляции.

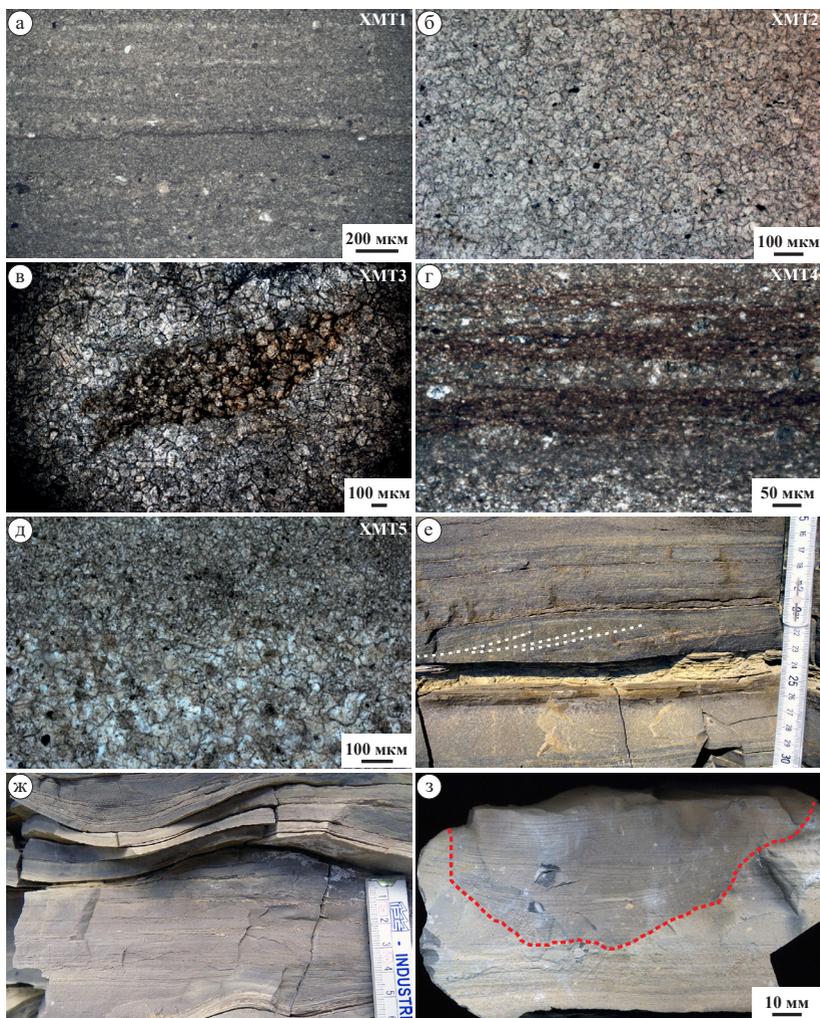


Рисунок 2 - Текстурно-структурные особенности в микрофациальных типах хатыспытской свиты

а) тонкое переслаивание микритов и спаритов, б) грубослоистый спарит, в) интраспарит, г) тонкое переслаивание микритов и спаритов (слоистость подчеркивается органикой), д) тонкослоистые спариты, е) косая слоистость в микритах, з) слепок промойны в грубослоистых спаритах.

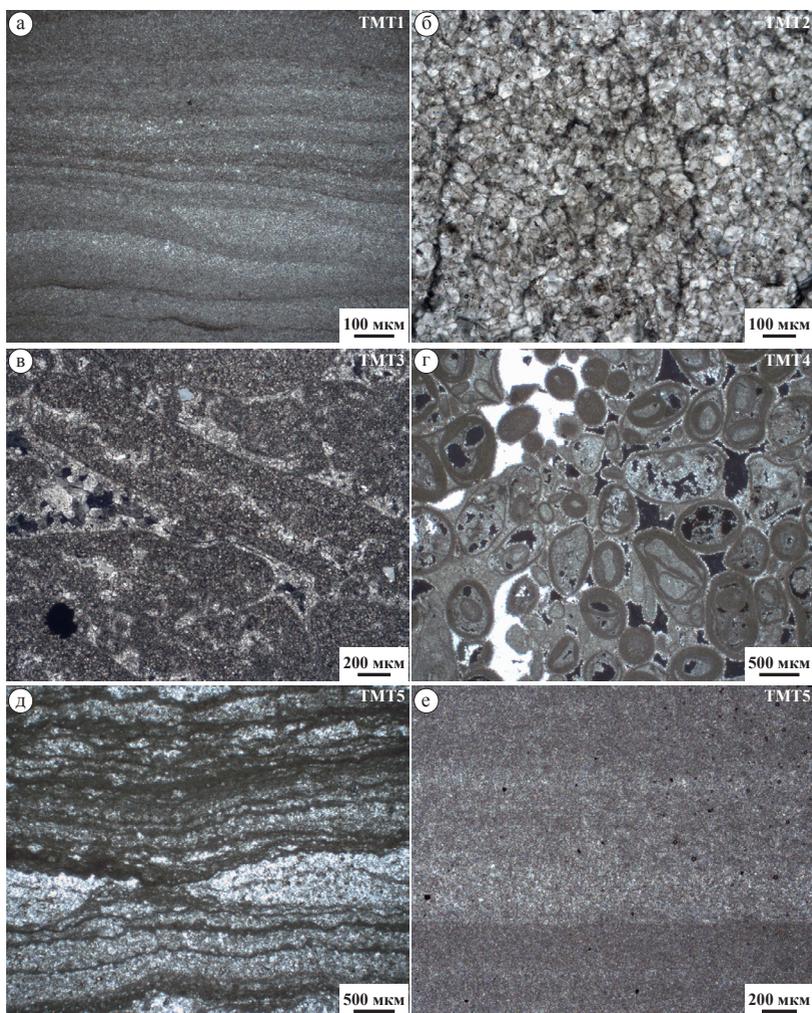


Рисунок 3 - Текстурно-структурные особенности в микрофациальных типах туркутской свиты

а) переслаивание доломикритов и долоспаритов с микробиалитовой текстурой, б) долоспариты кристаллические, в) интрадолоспариты, г) оодоломикриты, д) долобиолититы, е) доломикриты тонкослоистые глинистые.

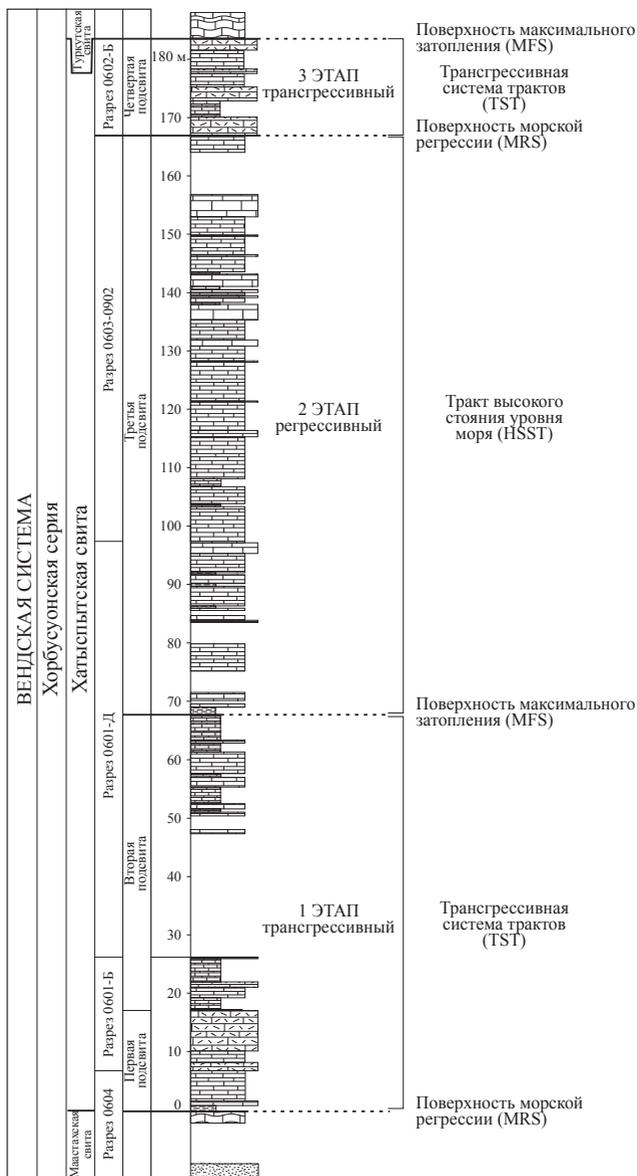


Рисунок 4 - Сиквенс-стратиграфический каркас хатыспытской свиты. Условные обозначения см. на рис. 1.

трансгрессивный латеральный фациальный ряд, ограниченный снизу поверхностью максимальной регрессии, а сверху – поверхностью максимального морского затопления, который образовался на фоне продолжающегося подъема уровня моря, причем скорость седиментации не поспевала за темпами формирования осадкоемкого пространства. В основании латерального фациального ряда залегает мощный пласт тонкослоистых аргиллитов с тончайшими прослоями известняков, а основная часть представляет собой конденсированную осадочную последовательность, сложенную обломочными известняками, чередующимися с грубо- и тонкослоистыми известняками. Слоистые породы, по всей видимости, формировались в результате действия низкоплотностных мутьевых потоков, приносящих известковый и глинистый ил. Потоки, по всей видимости, имели штормовую природу - штормы взмучивали на мелководье осадок, представленный карбонатными пеллетами с незначительным количеством алевритового и песчаного материала; толща воды с высокой концентрацией взвеси могла служить источником плотностных гравитационных потоков, которые вниз по склону карбонатной рампы переносили взвесь. Взвешенный материал в процессе транспортировки подвергался сортировке; начало **второго** этапа (третья подсвита) характеризуется сменой трансгрессивного латерального фациального ряда на регрессивный, который сложен преимущественно тонкослоистыми битуминозными известняками и пластами грубослоистых серых известняков, количество которых увеличивается вверх по разрезу. Кроме этого, вверх по разрезу постепенно увеличивается мощность грубых пластов и сокращается роль тонкослоистых известняков и аргиллитов, а также появляются признаки усиления гидродинамики и эрозионной активности (следы размыва струями течений, слепки промоин, косая слоистость). Латеральный фациальный ряд снизу ограничен поверхностью морского затопления, а сверху – поверхностью максимальной

регрессии; **третий** (завершающий) этап связан с образованием пластов обломочных известняков переслаивающихся с пачками тонкослоистых известняков (четвертая подсвита). Интервалы тонкопереслаивающихся известняков и аргиллитов осложнены дисгармоничными складками, ограничены поверхностями срыва и, по всей видимости, представляют собой олистостромы, образовавшиеся в результате подводно-оползневых деформаций. В целом осадочная система имеет ретроградационный характер, ограничена снизу поверхностью максимальной регрессии, сверху – поверхностью морского затопления (в основании туркутской свиты).

Хатыспытский бассейн простирался с юго-востока на северо-запад, о чем свидетельствует направление палеопотоков, реконструированное по падению слойков в косых сериях в третьей подсвите (разрез 0601), по простиранию ( $332\text{--}337^\circ$ ) стеблевидных органов, которые отходили от органов прикрепления *Aspidella*, *Mawsonites* и *Hiemalora*, сохранившихся во второй и четвертой подсвитах. Ширина бассейна (от р. Керсюке до р. Беркекит) составляла по крайней мере 100 км, что следует из данных геологических отчетов по р. Беркекит и полевых наблюдений на рр. Хорбусуонке и Керсюке, а в самом бассейне, по всей вероятности, вследствие ограниченной циркуляции воды, существовала стратификация вод, которая приводила к периодическому появлению бескислородных эвксинных условий в обстановках осадконакопления.

Все это позволяет предполагать, что хатыспытский лагерштетт образовался в пределах относительно узкой ограниченной (в географическом плане) отрицательной палеоструктуры на шельфе в пределах северо-западного склона Оленекского поднятия. В пользу изолированности бассейна также выступают магматические образования (силлы и дайки трахибазальтового состава), наблюдаемые нами в средней части хатыспытской свиты. Калиевый щелочной вулканизм играл важную роль в формировании позднедокембрийских толщ

Оленекского региона и был связан с процессами растяжения земной коры [Шпунт и др., 1982; Kiselev et al., 2016; Chayka et al., 2020].

Полученные выводы, на первый взгляд, вступают в некоторое противоречие с результатами сравнительно-геохимических исследований битумоидов карбонатных пород хатыспытской свиты, высокоуглеродистых сланцев, карбонатов и силицитов куонамского комплекса, битумов Центрально-Оленекского и Восточно-Анабарского месторождений, а также нефтей трубки Удачная, которые предполагают широкое площадное распространение хатыспытской свиты в пределах всего Суханского бассейна, от северо-западного склона Оленекского поднятия на востоке до склонов Анабарского массива на западе [Каширцев и др., 2019]. Следует отметить, что хатыспытская свита приурочена к южному борту Лено-Анабарского прогиба, однако геологическое строение остальной части южного борта прогиба остается относительно слабо изученным. Несмотря на то, что в самом прогибе в скважинах Бурской-3410 (инт. 1740–1520 м) и Чарчукской-1 (инт. 3110–3000 м) выделяется толща переслаивающихся темно-серых доломитизированных тонкослоистых микритовых известняков и зеленовато-серых известковых аргиллитов, которая считается стратиграфическим аналогом хатыспытской свиты, такая корреляция проводится исключительно по положению этой толщи между возможными аналогами маастахской и туркутской свит [Nagovitsin et al., 2015]. Необходимыми условиями накопления хатыспытской свиты являются трансгрессия и некомпенсированное прогибание. Такие условия вполне могли устанавливаться вдоль всего южного борта Лено-Анабарского прогиба, который непосредственно примыкал к Суханскому бассейну. Проведенная автором реконструкция обстановок осадконакопления хатыспытской свиты отвечает лишь крайнему северо-восточному сегменту Суханского бассейна и не исключает развитие фаций, аналогичных хатыспытской свите в пределах всего бассейна.

**Защищаемое положение 2.** В составе хатыспытской свиты установлено несколько ориктоценозов с прижизненно захороненными ископаемыми сообществами, таксономический состав которых зависит от фациально-генетических особенностей вмещающих отложений, что указывает на выраженную биофациальную изменчивость этого стратиграфического подразделения и экологическую дифференциацию сообществ хатыспытской биоты. Хатыспытская ископаемая биота целиком приурочена к обстановкам обитания в пределах фотической зоны внешнего карбонатного рампа.

Защищаемое положение 2 раскрыто в подглаве 5.3 и основано на фактическом материале, изложенном в главах 3 и 5.

В составе хатыспытского лагершетта выделены три ассоциации ископаемых остатков, характеризующие, соответственно, проксимальную зону внешнего рампа, средний рампа и дистальную зону внутреннего рампа (Рисунок 5). Обстановки внешнего рампа охарактеризованы единой ископаемой биотой авалонского типа, в составе которой выделяются две биофации, различающиеся условиями фоссилизации. В **хатыспытской биофации** (*Charnia*, *Aspidella*, *Khatyspytia*, *Protodipleurosoma*, *Mawsonites* и *Hiemalora*) сохранность мягких тканей обусловлена раннедиагенетической или синседиментационной аутигенной цементацией карбонатного осадка, а для **анабыльской биофации** (*Charnia*, *Khatyspytia*, *Mawsonites*, *Hiemalora*, комплекс макроводорослей) характерна уплощенная органостенная сохранность, обусловленная раннедиагенетическим или синседиментационным окремнением осадка (источником кремнезема, по всей видимости, являлись вулканические туфы, широко распространенные в отложениях). Это позволяет рассматривать хатыспытскую и анабыльскую биофации в качестве тафофаций. **Керсюкинская биофация** (палеопасихниды) формировалась в пределах среднего рампа и дистальной части внутреннего рампа. Палеопасихниды являются характерным представителем ископаемой

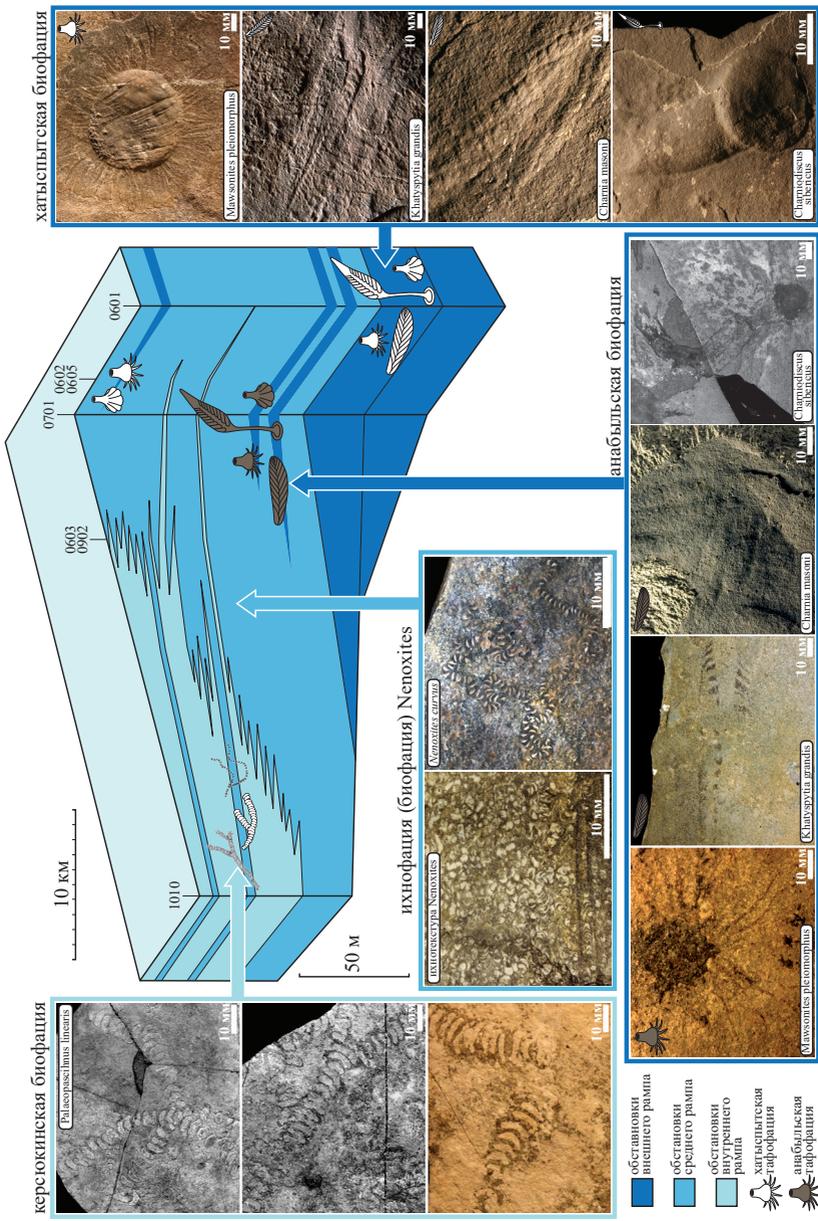


Рисунок 5 - Биофауны хатыспытского лагерштетта

экологической ассоциации эдиакарского типа, приуроченной к зоне волнения и течений. Третья ассоциация ископаемых остатков распознается по следам жизнедеятельности роющих организмов. **Ихнофация (биофация) *Nepoxites*** характеризует третью и четвертую подслиты хатыспытской свиты и формировалась в пределах среднего рампа и дистальной части внутреннего рампа.

В хатыспытской свите биофафии хатыспытского и анабыльского типов демонстрируют морфологическое и таксономическое сходство с ископаемой биотой авалонского типа. Однако, хатыспытская ископаемая мягкотелая биота, по своему составу скорее соответствует сообществу нижней части формации Mistaken Point (Lower Mistaken Point community по [Clapham et al., 2003]), в которой присутствуют преимущественно перьевидные таксоны с органами прикрепления и представитель рангеоморф – *Charnia masoni* Ford. Отсутствие рангеоморф (за исключением *Charnia*) также можно объяснить их вымиранием во время котлинского кризиса ~550 млн лет назад [Grazhdankin, 2014]. Интерес к изучению ископаемой мягкотелой биоты хатыспытской свиты обусловлен особенностью таксономического состава, так как в этой биоте, наряду с организмом *Charnia masoni*, присутствуют разнообразные организмы авалонской ископаемой биоты, от которых сохраняются только органы прикрепления. Так, организмы *Aspidella*, *Hiemalora* и *Mawsonites*, установленные на Оленекском поднятии, являются характерными представителями авалонской ископаемой биоты [Hofmann et al., 2008; Grazhdankin, 2014]. Кроме органов прикрепления, на Оленекском поднятии обнаружены отпечатки перьевидного тела *Khatyspytia grandis* Fedonkin [Федонкин, 1985], похожего на *Charniodiscus procerus* Laflamme et al. с о. Ньюфаундленд [Laflamme et al., 2004]. Наконец, в хатыспытской свите в составе анабыльской бифафии (тафофафии) широко распространены уплощенные пучки нитей, связанные между собой столонами в стелющиеся колонии. Аналогичные взаимоотношения установлены в составе авалонской ископаемой биоты на о. Ньюфаундленд [Liu, Dunn, 2020]. Эти и другие особенности дают основание уверенно

утверждать, что в хатыспытском лагерштетте представлена именно биота авалонского типа.

Полученные результаты позволяют реконструировать место обитания ископаемой хатыспытской биоты авалонского типа в пределах проксимальной и дистальной зон внешнего рампа, где формировались две тафофации, характеризующие одну ископаемую биоту, с различными типами сохранности. В **хатыспытской** биофации сохранность мягких тканей обусловлена раннедиагенетической или синседиментационной аутигенной цементацией карбонатного осадка [Vyukova et al., 2017], а для **анабыльской** – уплощенная органостенная сохранность, по всей вероятности, обусловленная раннедиагенетическим или синседиментационным окремнением осадка [Grazhdankin et al., 2008]. Также стоит отметить, что при смещении в бассейн р. Керсюке (керсюкинская биофация) обстановки меняются на более проксимальные, высокоэнергетические, скорее всего – более мелководные, что сопровождается исчезновением авалонской биоты.

**Защищаемое положение 3. В хатыспытской свите широко распространены ихнотекстуры, образованные ископаемыми норами с менисковым заполнением, которые относятся к ихновиду *Nepoxites curvus* Fedonkin и указывают на активное перемешивание осадка роющими организмами в процессе осадконакопления. Ихнотекстуры в хатыспытской свите являются первым в истории Земли свидетельством биотурбации и наиболее надежным критерием существования билатерий в позднем венде.**

Защищаемое положение 3 раскрыто в главе 7 и основано на фактическом материале, изложенном в главах 2, 3, 6.

В хатыспытском лагерштетте, наряду с отпечатками и слепками мягкотелых организмов, нами обнаружены признаки перемешивания осадка роющими организмами (биотурбации), прекрасно сохранившиеся объемно и на поверхностях напластования. Роющие организмы (инфауна) модифицируют

окружающую среду и регулируют доступ к ресурсам других организмов, являясь конструкторами новых экологических ниш и способствуя процессу видообразования [Erwin, 2008]. Появление в истории биосферы организмов, способных перемешивать осадок, должно было привести к фундаментальным эволюционным сдвигам и экологическим изменениям, и нарушению структуры бентосных сообществ [Butterfield, 2007, 2011]. До недавнего времени считалось, что первые признаки биотурбации (ихнотекстуры) в ископаемой летописи появляются в нижнем кембрии вблизи границы докембрия и кембрия, причем сначала в мелководных терригенных, а затем в карбонатных осадках [Droser et al., 1999; Droser, Li, 2001]. Поэтому совершенно неожиданным оказалось открытие ихнотекстур фанерозойского облика в карбонатных отложениях докембрийского возраста (Рисунок 6).

Ископаемые следы жизнедеятельности *Nenoxites curvus* Fedonkin в хатыспытской свите были впервые обнаружены в 1981 г. Б. С. Соколовым и М. А. Федонкиным [Sokolov, Fedonkin, 1984]. Кроме того, М. А. Федонкиным [Fedonkin, 1987] также было высказано предположение о присутствии в разрезах хатыспытской свиты признаков биотурбации. Первое появление следов *Nenoxites curvus* Fedonkin в хатыспытской свите приурочено к пачке серых тонкослоистых известняков. Следы *Nenoxites curvus* Fedonkin состоят из вытянутых серий менисков (норы возвратного заполнения с менисковым строением) извилистой синусоидальной формы. Длина серий менисков достигает 23 см, а ширина нор варьирует от 0.5 до 5.0 мм. Большая часть нор имеет ширину в пределах от 1.0 до 3.0 мм.

Стратиграфический интервал распространения ископаемых следов *Nenoxites curvus* Fedonkin целиком отвечает объему хатыспытской свиты, начиная с самых нижних слоев, где, наряду с горизонтальными норами, также были обнаружены норы, находящиеся под углом или субвертикально к поверхностям напластования. Вверх по разрезу хатыспытской свиты происходит усложнение морфологии и увеличение плотности

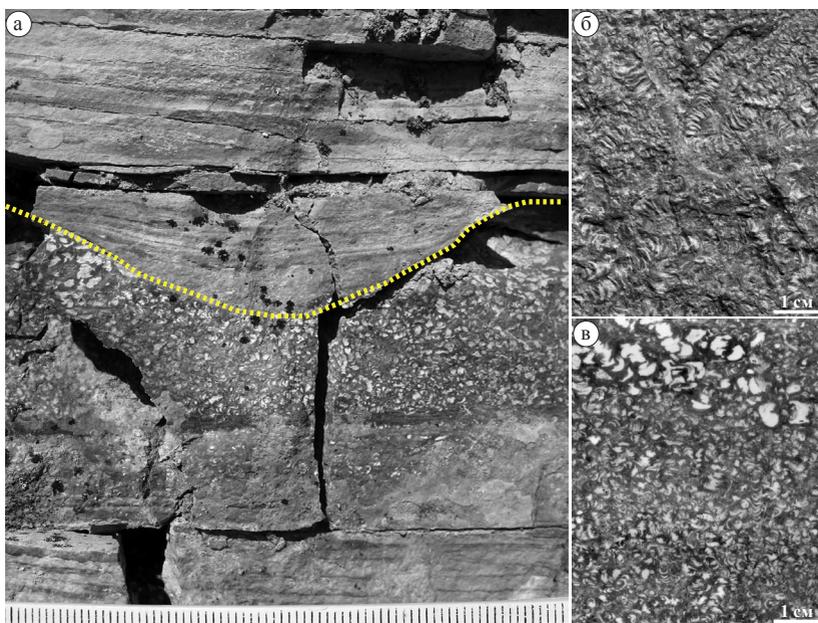


Рисунок 6 - Сохранность ихнотекстур *Nephoxites* в хатыспытской свите

а) кремненый биотурбированный слой с эрозией кровлей (показана желтым пунктиром; в масштабной линейке деления через 1 мм); б) уплощенная сохранность ихнотекстур; в) объемная сохранность ихнотекстур (кремненый слой).

нор. Норы не оставались открытыми (т.е., не использовались многократно), но заполнялись осадком. Менисковая структура заполнения представляет собой результат поступательного смещения норы по мере продвижения роющего организма в толще осадка. Смещение норы обусловлено волнообразным сокращением стенок тела организма, благодаря чему осадок перемещается вдоль тела организма от переднего конца к заднему, заполняя нору позади организма (нора возвратного заполнения) [Bromley, 1996]. Для совершения волнообразных сокращений в толще осадка организм должен был обладать полостью тела (целомом), заполненной жидкостью, и мышечной системой, благодаря сокращению которой осуществлялась перистальтика

и происходило перераспределение жидкости от одного конца тела к другому. И полость тела, и мышечная система имеют мезодермальное происхождение и характерны для трехслойных животных (билатерий).

В рамках данной работы также был проведен ихнотекстурный анализ карбонатных пород, подверженных процессам биотурбации. Ихнотекстурный анализ был применен для трех разрезов третьей подсвиты хатыспытской свиты (Рисунок 7). Для всех разрезов характерной особенностью является наличие пластов грубослоистых известняков, в которых отсутствуют признаки биотурбации. Степень биотурбации осадка является дополнительным корреляционным признаком, позволяющим проводить сопоставление удаленных разрезов внутри осадочного бассейна. Так, в разрезах 0603, 0902, 1004 и 1010 прослеживаются три корреляционных интервала с разной степенью общей биотурбации. Первый корреляционный интервал представляет собой преимущественно тонкослоистые известняки с высокой степенью биотурбации (75–100%). Во втором интервале степень биотурбации варьируется от 25 до 50%, а по мере смещения от разреза 0603 к разрезу 1004 наблюдается постепенное увеличение степени биотурбации (до 50–75%), что может объясняться смещением обстановок в данном пересечении от более дистальных (0603) к более проксимальным (ближе к берегу) (1004). В третьем интервале степень биотурбации снова имеет высокую степень (более 75%). Учитывая полученные данные можно использовать анализ степени биотурбации как дополнительный (подтверждающий) метод сопоставления разрезов.

Извилистые ископаемые норы с менисковой структурой, формирующие в разной степени проявленную ихнотекстуру, широко распространены в вендских отложениях Евразии. Ихнотекстуры *Nenoxites* известны из бронницких слоев ярышевской свиты верхнего венда Подольского Приднестровья (Украина), возраст которых оценивается в  $555.4 \pm 2.9$  млн лет [Soldatenko et al., 2019]. Кроме этого, ихнотекстуры



присутствуют в пачке Jiucheng формации Dengying Южно-Китайской платформы, возраст которой оценивается в  $553.6 \pm 2.7$  млн лет [Yang et al., 2017] и в аймской свите Учуро-Майского региона юго-востока Сибирской платформы ( $553 \pm 23$  млн лет [Semikhatov et al., 2003]). Таким образом, активная биотурбация осадка роющими организмами началась по крайней мере 555 млн. лет назад.

Согласно современным представлениям, интенсивная переработка осадка роющими организмами в обстановках с карбонатным осадконакоплением началась на рубеже томмотского и атабанского веков раннего кембрия [Droser, Bottjer, 1988]. Изучение хатыспытской свиты Оленекского поднятия показало, что интенсивное перемешивание осадка в обстановках с карбонатной седиментацией, началось существенно раньше, чем в алюмосиликокластических осадках.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты проведенных исследований сводятся к следующему:

1. Хатыспытская свита хорбусуонской серии рассматривается в измененном объеме, а в ее составе выделены четыре подсвиты. Внутреннее строение хатыспытского лагерштетта представляет собой непрерывный латеральный фациальный ряд, конечными элементами которого являются дистальные обстановки внешнего рампа и дистальные обстановки внутреннего рампа, связанные между собой постепенными переходами. Хатыспытская свита является самостоятельной осадочной системой и отделена от ниже- и вышележащих отложений секвентными границами.

2. Хатыспытская осадочная система функционировала в пределах узкой отрицательной палеоструктуры на континентальном шельфе, простиравшейся с юго-востока на северо-запад и вдоль которой была локализована основная система палеопотоков.

3. Маастахская, хатыспытская и туркутская свиты являются самостоятельными осадочными системами в составе хорбусуонской серии. Туркутская свита реконструируется как карбонатная платформа.

4. Туфобрекчии, стратиформные брекчии, силлы и дайки трахидолеритов и трахибазальтов выделены в тас-юряхский вулканический комплекс, который функционировал в позднем венде на северо-западном склоне Оленекского поднятия.

5. В хатыспытском лагерштетте выделены три ассоциации ископаемых остатков - биота авалонского типа (хатыспытская и анабыльская биофации), биота эдиакарского типа (керсюкинская биофация) и ихнофация (биофация) *Nenoxites*, характеризующие проксимальную зону внешнего рампа, средний рамп и дистальную зону внутреннего рампа. Биофации в составе авалонской асоциации различаются условиями фоссилизации. В **хатыспытской биофации** сохранность мягких тканей обусловлена раннедиагенетической или синседиментационной аутигенной цементацией карбонатного осадка, а для **анабыльской биофации** характерна уплотненная органостенная сохранность.

6. Анабыльская биофация, наряду с ископаемыми остатками мягкотелых организмов глубоководной авалонской биоты, содержит разнообразную макроводорослевую биоту (биота миаохенского типа), захороненную в обстановках обитания. Присутствие водорослевой биоты свидетельствует о том, что образование пород происходило в пределах фотической зоны.

7. Следы жизнедеятельности *Nenoxites curvus* Fedonkin имеют высокую плотность и формируют биотурбационную текстуру породы (ихнотекстуру). Ихнотекстурный анализ позволил выделить четыре типа пород (ихнектурных индекса) от практически не биотурбированных до полностью биотурбированных, что впоследствии позволило использовать анализ степени биотурбации как дополнительный (подтверждающий) метод сопоставления разрезов.

8. Хатыспытская свита охарактеризована следами жизнедеятельности *Nenoxites curvus* с самых нижних слоев, а учитывая корреляцию событий первого появления следов жизнедеятельности *Nenoxites* в разных регионах мира было установлено, что первое их появление происходит по крайней мере 555 млн лет назад, то есть в вендское время.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Рогов, В. И.** Брекчированные породы в Сибирском гипостратотипе венда и их стратиграфическое значение // Актуальные вопросы литологии. Материалы 8 Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. – 2010. – С. 259–261.
2. **Рогов, В. И.** Древнейшие инфауновые сообщества // Эволюция жизни на Земле. Материалы IV Международного симпозиума (г. Томск, 10–12 ноября 2010 г.) / Отв. ред. Подобина В.М. Томск: ТМЛ-Пресс. – 2010. – С. 191–194.
3. **Rogov V.I.** The oldest evidence of bioturbation on Earth // Neoproterozoic sedimentary basins: stratigraphy, geodynamics and petroleum potential. Proceedings of the International conference (Novosibirsk, 30 July – 02 August, 2011) / Grazhdankin D.V., Marusin V.V., eds. Novosibirsk: IPGG SB RAS. – 2011. – P. 72–74.
4. **Rogov, V. I.** The oldest evidence of bioturbation on Earth // III International conference “Biosphere origin and evolution” (Rethymno, Crete, Greece, 16–20 October 2011). Abstracts. Novosibirsk: Borekov Institute of Catalysis. – 2011. – P. 96–97.
5. **Rogov, V. I.** Anabarites trisulcatus Assemblage Zone of Siberia – candidate for the final stage of the Ediacaran System / **V. I. Rogov, G. A. Karlova** // 2<sup>nd</sup> International Congress on Stratigraphy: STRATI. – 2015. – p. 327.
6. **Рогов, В. И.** Объем венда в Сибирском гипостратотипе / **V. I. Rogov, G. A. Karlova** // Общая стратиграфическая шкала и методические проблемы разработки региональных стратиграфических шкал России. Материалы Межведомственного рабочего совещания (Санкт-Петербург, 17–20 октября 2016 г.) – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. – 2016. – С. 144-146.
7. **Рогов, В. И.** Условия и обстановки осадконакопления хатыспытской свиты гипостратотипического разреза венда Сибири // Литология и я: от идеи до выводов. Материалы 3-й Всероссийской школы студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по литологии. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. – 2018. – С. 109-113.
8. **Рогов, В. И.** Верхневендская карбонатная платформа Оленекского поднятия (на примере туркутской свиты хорбусуонской серии) / **В. И. Рогов, Г. А. Карлова** // Фундаментальные проблемы изучения вулканогенно-осадочных, терригенных и карбонатных комплексов. Материалы Всероссийского литологического совещания, посвященного памяти А.Г. Коссовской и И.В. Хворовой. – Москва: Издательство ГЕОС. – 2020. – С. 193-196.

9. **Rogov, V. I.** The oldest evidence of bioturbation on Earth [Text] / V. I. Rogov, V. V. Marusin, N. V. Bykova, Y. Y. Goy, K. E. Nagovitsin, B. B. Kochnev, G. A. Karlova, D. V. Grazhdankin // *Geology*. – 2012. – V. 40. – No. 5. – P. 395–398.
10. **Rogov, V. I.** The oldest evidence of bioturbation on Earth: Reply [Text] / V. I. Rogov, V. V. Marusin, N. V. Bykova, Y. Y. Goy, K. E. Nagovitsin, B. B. Kochnev, G. A. Karlova, D. V. Grazhdankin // *Geology*. – 2013a. – V. 41. – No. 5. – P. e290.
11. **Rogov, V. I.** The oldest evidence of bioturbation on Earth: Reply [Text] / V. I. Rogov, V. V. Marusin, N. V. Bykova, Y. Y. Goy, K. E. Nagovitsin, B. B. Kochnev, G. A. Karlova, D. V. Grazhdankin // *Geology*. – 2013b. – V. 41. – No. 9. – P. e300.
12. **Рогов, В. И.** Время формирования первой биостратиграфической зоны венда Сибирской гипостратотипе / **В. И. Рогов**, Г. А. Карлова, В. В. Марусин, Б. Б. Кочнев, К. Е. Наговицин, Д. В. Гражданкин // *Геология и геофизика*. – 2015. – Т. 56. – № 4. – С. 735–747.
13. Nagovitsin, K. E. Revised Neoproterozoic and Terreneuvian stratigraphy of the Lena-Anabar Basin and north-western slope of the Olenek Uplift, Siberian Platform / K. E. Nagovitsin, **V. I. Rogov**, V. V. Marusin, G. A. Karlova, A. V. Kolesnikov, N. V. Bykova, D. V. Grazhdankin // *Precambrian Research*. – 2015. – V. 270. – P. 226–245.
14. Cui, H. Redox-dependent distribution of early macro-organisms: Evidence from the terminal Ediacaran Khatyspyt Formation in Arctic Siberia / H. Cui, D. V. Grazhdankin, S. Xiao, S. Peek, **V. I. Rogov**, N. V. Bykova, N. E. Sievers, X.-M. Liu, A. J. Kaufman // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2016. – V. 461. – P. 122–139.
15. Bykova N. A geochemical study of the Ediacaran discoidal fossil *Aspidella* preserved in limestones: Implications for its taphonomy and paleoecology / N. Bykova, B. C. Gill, D. Grazhdankin, **V. Rogov**, S. Xiao // *Geobiology*. – 2017. – V. 15. – No. 4. – P. 572–587.
16. Kolesnikov, A. V. The oldest skeletal macroscopic organism *Palaeoascichnus linearis* / A. V. Kolesnikov, **V. I. Rogov**, N. V. Bykova, T. Danelian, S. Clausen, A. V. Maslov, D. V. Grazhdankin // *Precambrian Research*. – 2018. – V. 316. – P. 24–37.
17. Каширцев, В. А. Прямые признаки нефтегазоносности и нефтематеринские отложения Суханского осадочного бассейна Сибирской платформы / В. А. Каширцев, Т. М. Парфенова, С. А. Монсеев, 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.
18. Мельник, Д. С. Биодегрированные 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.

---

Технический редактор Т.С. Курганова

Подписано в печать 05.08.2022

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

Печ. л. 1,5. Тираж 100. Зак. №217

---

ИНГГ СО РАН, ОИТ, просп. Акад. Коптюга 3, Новосибирск, 630090