На правах рукописи

ЗАКИРЬЯНОВ Илья Газинурович

ОРДОВИКСКИЕ СООБЩЕСТВА ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ОРГАНИЗМОВ ГОРНОГО АЛТАЯ, ИХ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И РОЛЬ В БИОГЕННОМ КАРБОНАТОНАКОПЛЕНИИ

1.6.2 – палеонтология и стратиграфия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Новосибирск – 2025

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

Научный руководитель:
Сенников Николай Валерианович, доктор геолого-минералогических наук.

Официальные оппоненты:
Кулагина Елена Ивановна
доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, группа Палеозоя, ФГБУН Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН (г. Уфа).
Минина Ольга Романовна
доктор геолого-минералогических наук, заведующая лабораторией геодинамики, ФГБУН Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН (г. Улан-Удэ).

Ведущая организация:
Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ), г. Казань.

Защита состоится 05 ноября 2025 г. в 10 час. 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. Акад. Коптюга, 3
тел. 8(383)3309517, факс (8-383) 330-28-07,
e-mail: 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
Автореферат разослан 22 сентября 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.г.-м.н. О. Т. Обут

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования являются фотосинтезирующие организмы и микрофации разрезов ордовика западной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО).

Актуальность работы. Карбонатные и терригенно-карбонатные последовательности ордовикского возраста на юге Сибири имеют разнообразный генезис. Предполагается, что содержащиеся в них комплексы фотосинтезирующих организмов распространены на различных хроностратиграфических уровнях структурно-фациальных зон (СФЗ) Горного Алтая. Однако при описании карбонатных тел нередко упоминаются известковые водоросли без родовой и видовой принадлежности, не приводится их описание, хотя и принимается во внимание породообразующее значение [Терлеев и др., 2004; Sennikov et al., 2019]. Сложившиеся обстоятельства обуславливают актуальность изучения палеонтологического материала по фотосинтезирующим организмам с анализом их стратиграфического и фациального распространения.

В диссертационной работе продемонстрировано масштабное распространение ордовикских фотосинтезирующих организмов на территории Горного Алтая и выделены вмещающие их микрофации известняков; определены таксономически разнообразные ордовикские комплексы фотосинтезирующих организмов; показана возможность использования изученных фоссилий для реконструкции обстановок осадконакопления на территории современного Горного Алтая.

Степень разработанности. К настоящему времени опубликовано значительное количество работ, посвящённых строению карбонатных последовательностей, обнажающихся на рассматриваемой территории, их взаимоотношению с выше- и нижележащими толщами и способу образования [Барцева, Перфильев, 1957; Винкман, Гинцингер, 1967; Ермиков и др., 1979; Ляхницкий, Хромых, 2009; Сенников и др., 2022в и др.]. Во многих публикациях были изложены результаты изучения органогенных остатков – кораллов [Дзюбо, Миронова, 1960; Черепнина, 1960; Khabibulina, 2019 и др.], брахиопод [Андреева, 1982; Кульков, Севергина, 1989; Щербаненко, Сенников, 2022 и др.], трилобитов [Петрунина, 1990; Андреева, 1985; Розова и др., 1985 и др.], конодонтов [Изох и др., 2005; Печериченко и др., 2021; Обут и др., 2023 и др.], граптолитов [Петрунина, Севергина, 1960, 1962; Обут, Сенников, 1984; Лыкова (Буколова), 2011 и др.] и пр. Тем не менее детальные сведения об алтайских фотосинтезирующих организмах (часто породообразующих) к настоящему времени встречаются редко. Лишь в некоторых работах приводились сведения об отдельных родах и видах фотосинтезирующих организмов без детального описания их остатков и фотографий (например, [Терлеев и др., 2004]). В последние десятилетия ордовик Горного Алтая

детально изучается коллективом лаборатории палеонтологии и стратиграфии палеозоя ИНГГ СО РАН под руководством Н. В. Сенникова.

Цель работы. Установление таксономического состава комплекса фотосинтезирующих организмов в ордовике Горного Алтая и в установлении фациальной принадлежности таксонов в разрезе и по латерали.

Задачи исследования:

- Диагностика найденных остатков фотосинтезирующих организмов в отобранных образцах;
- Определение микрофаций карбонатных пород, содержащих фотосинтезирующие организмы;
- Установление закономерностей распределения фотосинтезирующих организмов и микрофаций в изученных разрезах.

Научная новизна. Впервые установлено масштабное распространение ордовикских фотосинтезирующих организмов на территории Горного Алтая и выделены содержащие их микрофации. Определены таксономически разнообразные ордовикские комплексы фотосинтезирующих организмов. Выделен морфотип калиптр с двумя морфогруппами. Показана возможность использования изученных фоссилий при реконструкции обстановок осадконакопления на территории Горного Алтая.

Теоретическая и практическая значимость работы. Полученные данные могут быть использованы при проведении разномасштабных геологосъёмочных работ и тематических исследований, посвящённых изучению палеобиоты ордовика Горного Алтая, реконструкции обстановок осадконакопления, а также актуализации Региональной стратиграфической схемы ордовика Горного Алтая. Кроме того, выделенные по современным методикам микрофации и обнаруженные в них комплексы фотосинтезирующих организмов позволяют проводить сравнения карбонатных последовательностей ордовика Горного Алтая с одновозрастными осадочными комплексами по всему миру, например, Таримским бассейном Китая, Прекордильерами Аргентины, Восточным Казахстаном и т.д. Исследование рифогенных построек, содержащих фотосинтезирующие организмы, также представляет интерес для специалистов, связанных с изучением или разработкой моделей строения разновозрастных органогенных построек как объектов, содержащих углеводороды.

Материал и методы исследования. Автор участвовал в полевых работах в течение нескольких сезонов (2022-2024 гг.), в ходе которых при его непосредственном участии были описаны и изучены опорные разрезы ордовика в различных СФЗ Горного Алтая, а также отобраны образцы (порядка 400 шт.) с целью изготовления палеонтологических и

петрографических шлифов для определения и описания фотосинтезирующих организмов и диагностики микрофаций. Также для работы были предоставлены образцы из личной коллекции д.г.-м.н. Н. В. Сенникова, собранные ранее в ходе полевых работ. Лично автором выполнена пробоподготовка, описание шлифов карбонатных пород (более 700 шт.) и интерпретация полученных полевых и лабораторных результатов. Портативным анализатором TrueX 960 было опробовано 130 образцов. 10 образцов было изучено сканирующим электронным микроскопом (СЭМ) Tescan MIRA 3 LMU с микрозондом INCAEnergy 350 (ИГМ СО РАН).

Методология и методы исследований. Методологической основой проведения диссертационных исследований послужило комплексирование данных полевых работ и проводившихся диссертантом литологических и палеонтологических исследований. В работе использованы современные методы и подходы анализа карбонатных толщ и содержащихся в них остатков фотосинтезирующих организмов.

Защищаемые положения.

1. Фотосинтезирующие организмы, представленные зелёными и красными водорослями, цианобактериями и микропроблематиками, в ордовике Горного Алтая имеют значительное родовое и видовое таксономическое разнообразие: установлено 15 видов в составе 12 родов.
2. Доказано, что фотосинтезирующие организмы ордовика Горного Алтая имеют породообразующее значение, а их комплекс свидетельствует, что осадконакопление происходило в тёплом и умеренном климате в широком спектре рифовых, зарифовых и предрифовых областей: от передового склона карбонатной платформы до песчаных отмелей края карбонатной платформы.
3. Калиптры Горного Алтая характеризуются относительно простым строением и являются результатом сосуществования бактерий, а не водорослей. В ордовике Горного Алтая встречается две морфогруппы калиптр.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты диссертационных исследований докладывались на XVIII международной конференции Интерэкспо ГЕО-Сибирь – «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология» (г. Новосибирск, 2022 г.), на 60-й Международной научной студенческой конференции (г. Новосибирск, 2022 г.), на Уральской минералогической школе (г. Екатеринбург, 2022 г.), на VI Всероссийской молодежной научно-практической школе-конференции (Геологический полигон "Шира", Республика Хакасия, 2023 г.), в рамках LXIX сессии Палеонтологического

общества при РАН (г. Санкт-Петербург, 2023 г.) и в рамках 5-й всероссийской школы студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по литологии (г. Екатеринбург, 2024 г.). Всего по теме диссертации опубликовано 13 работ: 3 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК и 10 публикаций – в сборниках и материалах конференций.

Структура, объём и содержание диссертации. Диссертация состоит из Введения, 5 глав и Заключения. Объём работы составляет 205 страниц. Диссертация содержит 50 рисунков, 14 таблиц (включая 11 фототаблиц) и 4 приложения. Список литературы включает 264 наименования.

Благодарности. Соискатель выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю д.г.-м.н. Н. В. Сенникову за постановку интересной и актуальной научной проблемы для исследований, за передачу имеющихся у него коллекций и информационных материалов, за руководство при полевых исследованиях и постоянную научную поддержку, в том числе при подготовке публикаций.

Данная работа не была бы проведена без сотрудников лаборатории палеонтологии и стратиграфии палеозоя ИНГГ СО РАН к.г.-м.н. Д. А. Токарева, Р. А. Хабибулиной, Т. А. Щербаненко, оказавших большую помощь при полевых исследованиях. Автор признателен д.г.-м.н. В. А. Лучининой за ценные консультации по вопросам таксономии и систематики водорослей и к.г.-м.н. О. Т. Обут за предоставленные образцы каменного материала и полевые снимки. Полезные советы и вопросы по литологии были получены диссертантом от сотрудников лаборатории седиментологии ИНГГ СО РАН к.г.-м.н. И. В. Вараксиной, к.г.-м.н. Л. Г. Вакуленко, к.г.-м.н. П. А. Яна и к.г.-м.н. А. Ю. Попова.

Ценные комментарии и критические замечания, значительно усилившие основные положения настоящего диссертационного исследования, были получены от сотрудников лаборатории литологии ИГГ УрО РАН – С. А. Дуба, к.г.-м.н. Л. В. Бадиды и к.г.-м.н. О. Ю. Мельничука.

Соискатель отдельно благодарит А. С. Колосову (АО «СНИИГГиМС») и родителей за поддержку и понимание.

Работа выполнена при поддержке бюджетных научных проектов РАН по Фундаментальным научным исследованиям FWZZ-2022-0003 и FWZZ-2022-0007.

Глава 1. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ОРДОВИКА ГОРНОГО АЛТАЯ И ИСКОПАЕМЫХ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ОРГАНИЗМОВ

1.1. Ордовик Горного Алтая

Соискателем поясняется термин «Горный Алтай» и рассматривается история изучения ордовика Горного Алтая, которую условно можно разделить на 4 этапа. Впервые ордовикские осадочные образования упоминаются в 1931 г. А. А. Никоновым в составе нижнего отдела силурийской системы (ордовиция), который через 25 лет будет выделен в качестве самостоятельной системы (в частности, ханхаринская и бугрышихинская свиты). Основные результаты первого этапа связаны с работами П. А. Чихачева, А. П. Гельмерсена, Б. Ф. Котта, Г. Е. Щуровского, Б. К. Поленова, Н. А. Соколова, В. А. Обручева, а также сотрудников ВАГТ и ЗСГУ и знаменуются выпуском в 1959 г. первой схемы стратиграфии ордовика западной части АССО. Работа геологов на втором этапе была связана с детализацией строения свит и их палеонтологической детализацией характеристики с активным применением методов биостратиграфии и планомерной геологической съёмкой масштаба 1:200000. На втором Всесоюзном стратиграфическом совещании по докембрию, палеозою, четвертичной системе Средней Сибири в 1964 г. были приняты обновлённые стратиграфических схемы, которые не были опубликованы в Решениях, а лишь в материалах 1964 г. На третьем этапе работы Ю. Д. Скобелева, А. С. Бартева, М. И. Селиверстовой, З. Е. Петруниной, Я. М. Гутака, А. А. Оболенского, Б. Н. Лузгина, А. В. Кривчикова, геологов ПГО «Запсибгеология» и др. позволили уточнить и обосновать более дробное расчленение ордовика на свиты и горизонты. Третья стратиграфическая схема была принята на третьем Всесоюзном стратиграфическом совещании по Сибири в 1979 г. и опубликована в 1983 г. Четвёртый этап, длящийся по настоящее время, включает в себя разномасштабные исследования последних четырёх десятилетий, выполненных сотрудниками ФГУГП «Запсибгеолсъемка», ОАО «Горно-Алтайская экспедиция», АО «СНИИГГиМС», НГУ, ИГМ СО РАН и ИНГГ СО РАН. Важным достижением этого этапа является публикация в 2018 г. новой версии Региональной стратиграфической схемы ордовикских отложений западной части АССО, использующейся в настоящей работе.

1.2. Ископаемые фотосинтезирующие организмы

Историю изучения ископаемых фотосинтезирующих организмов можно разделить на несколько условных этапов.

I этап. XIX – начало XX века. Это время накопления фактического материала с выделением таксонов родового и видового уровней. Именно в

этот временной интервал были заложены основы для изучения обызвествлённых остатков фотосинтезирующих организмов.

II этап. Начало – середина XX века. Продолжается активный сбор информации по фотосинтезирующим организмам, и, в первую очередь, по цианобактериям. В это время формируются классификации всех групп фотосинтезирующих организмов, самая широко распространённая из которых была опубликована в 1927 г. под авторством Дж. Пиа.

III этап. Вторая половина – конец XX века. После Второй мировой войны палеоальгологические исследования приобрели широкий размах по всему миру. Этот этап характеризуется не только накоплением информации, но и её обработкой и интерпретацией полученных результатов. Многие из этих работ до сих пор не потеряли актуальность.

IV этап. Конец XX века – настоящее время. Помимо традиционных палеонтологических работ исследования посвящены и изучению роли фотосинтезирующих организмов в качестве индикаторов обстановок осадконакопления на разных геологических объектах. На Горном Алтае фотосинтезирующие организмы из разновозрастных отложений упоминаются в ряде работ, но эти публикации весьма малочисленны.

Глава 2. ЛИТО- И БИОСТРАТИГРАФИЯ ОРДОВИКА ГОРНОГО АЛТАЯ

Соискателем рассматривается геологическое строение и биостратиграфия региональных (горизонтов) и местных (свит) стратонов.

2.1. Районирование

Приводятся данные, касающиеся местонахождения и стратиграфических диапазонов опробованных разрезов в различных СФЗ АССО (Рисунки 1, 2). Территория западной части АССО условно разделяется на следующие участки: запад (Чарышско-Инская, Локтевско-Батунская и Суеткинско-Куйбышевская СФЗ), центр (Ануйско-Чуйская СФЗ), север (Бийско-Катунская СФЗ), северо-восток (Уйменско-Лебедская СФЗ) и восток (Прителецкая СФЗ).

2.2. Современная общая стратиграфическая шкала ордовика и её применение к алтайским объектам

В этом разделе приводится краткий обзор подразделений ордовика согласно Международной хроностратиграфической шкале.

2.2.1. Региональные стратиграфические подразделения

В разделе описаны комплексы такошкинского, тулойского, куйбышевского, костинского, бугрышихинского, ханхаринского, техтеньского и листвянского горизонтов ордовика Горного Алтая.

Коренные выходы карбонатных пород флоского яруса в пределах изучаемой территории не установлены, в связи с чем в настоящей работе они не рассматриваются.

2.2.2. Местные стратиграфические подразделения

Такошкинский горизонт нижнего ордовика в Суеткинско-Куйбышевской, Чарышско-Инской и Ануйско-Чуйской СФЗ представлен суеткинской свитой (верхняя часть горноалтайской серии), в Бийско-Катунской зоне – камлакской свитой, в Уйменско-Лебедской зоне – ишпинской свитой. На территории Прителецкой зоны разрезы такошкинского горизонта не обнаружены.

В вышележащих тулойском и куйбышевском горизонтах в Чарышско-Инской, Локтевско-Батунской, Ануйско-Чуйской и Суеткинско-Куйбышевской СФЗ региона выделяется воскресенская свита, верхняя часть которой в Локтевско-Батунской и Чарышско-Инской зонах имеет название «костинские слои». Эта свита относится к верхней половине флоского, дапинского и нижней половине дарривильского ярусов.

Перекрывающие воскресенскую свиту отложения на территории Локтевско-Батунской области не обнаружены, однако в Чарышско-Инской, Суеткинско-Куйбышевской и Ануйско-Чуйской СФЗ региона на ней согласно залегает бугрышихинская свита, которая составляет одноимённый горизонт верхней половины дарривильского яруса и нижних двумя третями сандбийского яруса.

Вышележащая ханхаринская свита согласно залегает на воскресенской свите и приурочена к одноимённому горизонту верхней части сандбийского и нижней трети катийского ярусов. Рассматриваемая свита согласно перекрывается техтеньской свитой.

Техтеньская свита выделяется в Чарышско-Инской и Ануйско-Чуйской СФЗ и отвечает верхней части катийского яруса и нижней половине хирнантского яруса. В пределах Локтевско-Батунской и Суеткинско-Куйбышевской СФЗ региона одновозрастным аналогом техтеньской свиты является безымянная кремнисто-терригенная толща.

Терминальной в верхнем ордовике в Локтевско-Батунской, Суткинско-Куйбышевской, Чарышско-Инской и Ануйско-Чуйской СФЗ является свита Вторых Утёсов. Её нижняя часть соотносится с листвянским горизонтом хирнантского яруса.

Верхняя часть нижнего ордовика и нижняя треть среднего ордовика Уйменско-Лебедской СФЗ северо-восточной части региона представлена тулойской свитой, согласно залегающей над тремадокской ишпинской свитой и согласно перекрываемая карасинской свитой среднего ордовика. Тулойская свита соотносится с флоским и большей частью дапинского яруса. Возрастные аналоги этого уровня среди осадочных

последовательностей в Прителецкой СФЗ восточной части региона пока не обнаружены. Карасинская свита, в свою очередь, коррелируется с верхней частью дапинского и с дарривильским ярусами.

Выше с небольшим размывом залегает гурьяновская свита, которая условно коррелируется с сандбийским и катийским ярусами.

Самой молодой свитой ордовика в Уйменско-Лебедской СФЗ северо-восточной части региона является чеборская свита, согласно залегающая на гурьяновской свите. Условно временем формирования чеборской свиты считается хирнантский век.

Таким образом, рассмотренная стратиграфическая характеристика изучаемых СФЗ региона даёт представление о строении следующих блоков, являющихся в настоящее время частью Горного Алтая:

1. Объединённая (согласно [Сенников и др., 2018б]) территория Чарышско-Инской и Ануйско-Чуйской СФЗ;
2. Локтевско-Батунская СФЗ;
3. Суеткинско-Куйбышевская СФЗ;
4. Бийско-Катунская СФЗ;
5. Уйменско-Лебедская СФЗ;
6. Прителецкая СФЗ.

Глава 3. СТРАТИГРАФИЯ

Соискателем рассматривается геологическое строение содержащих остатки фотосинтезирующих организмов (Рисунок 3) выходов коренных пород.

3.1. Западная часть региона (Чарышско-Инская, Локтевско-Батунская и Суеткинско-Куйбышевская структурно-фациальные зоны)

В разделе описываются разрезы Чарышско-Инской, Локтевско-Батунской и Суеткинско-Куйбышевской СФЗ, которые находятся в западной части региона. В первой из вышеуказанных СФЗ обнажаются разрезы «Тачалов» и «Бараний-2». Разрез «Тачалов» расположен на левом берегу одноимённого ручья рядом с с. Усть-Чагырка. Детальное внимание было уделено карбонатной пачке техтеньской свиты хирнантского яруса. Примерно в 2 км западнее разреза «Тачалов» расположен разрез того же стратиграфического уровня – «Бараний-2». В отличие от карбонатно-терригенного «Тачалова», в котором присутствует мощная карбонатная пачка, в разрезе «Бараний-2» известняки имеют по большей части подчинённое значение по сравнению с кремнями и обломочными породами.

В пределах Локтевско-Батунской СФЗ в 11 км восточнее с. Курья находится разрез «Батун». В настоящее время этот разрез практически не доступен для изучения из-за чрезвычайно высокой степени задернованности. Материалом для изучения этого разреза послужили

образцы из фрагментарно доступной второй пачки, отобранные автором в ходе полевых работ 2022 и 2023 гг., а также предоставленные Н. В. Сенниковым и О. Т. Обут.

В Суеткинско-Куйбышевской СФЗ расположен разрез «Суетка» смешанного состава, который находится на правом берегу одноимённой реки, выше по течению от с. Суетка. В условиях ограниченной обнаженности разрез доступен для изучения только в виде отдельных выходов пластов кремней и карбонатных линзовидных тел.

3.2. Центральная часть региона (Ануйско-Чуйская структурно-фациальная зона)

В разделе описываются разрезы Ануйско-Чуйской СФЗ, которые находятся в центральной части региона: «Чакыр-Азраткан», «Азраткан (Еланду)» и «Мута».

Карбонатные пласты разрезов «Азраткан (Еланду)» и «Чакыр-Азраткан» техтеньской свиты катийского яруса расположены севернее с. Ябоган. Помимо остатков фотосинтезирующих организмов, в них обнаружены калиптры.

Верхнеордовикский терригенно-карбонатный разрез «Мута», расположенный северо-западнее от рассмотренных разрезов Ануйско-Чуйской СФЗ, представлял интерес в связи с ранее установленными в нём биогермами. В ходе полевых работ было обнаружено, что интервалы распространения этих биогермов задернованы и недоступны для изучения. Тем не менее опробование других доступных для изучения пачек известняков позволило впоследствии обнаружить фотосинтезирующие организмы.

3.3. Северная часть региона (Бийско-Катунская структурно-фациальная зона)

Разрез «Камлак», расположенный рядом с одноимённым селом в Республике Алтай, представляет собой интерес не только как альгосодержащий объект, но и как стратотипический разрез с зафиксированной границей между кембрием и ордовиком. Обнажаются три подсвиты: нижнекамлакская (соответствует добринскому горизонту верхнего кембрия), среднекамлакская (соответствует нижне-среднетаянзинскому подгоризонту верхнего кембрия) и верхнекамлакская (соответствует такошкинскому горизонту нижнего ордовика).

3.4. Северо-восточная часть региона (Уйменско-Лебедская структурно-фациальная зона)

На территории Уйменско-Лебедской СФЗ разрезами с остатками фотосинтезирующих организмов являются «Лебедь», «Бура» и «Бия»,

расположенные восточнее г. Горно-Алтайска. В непосредственной близости от с. Верх-Бийск находится разрез «Ишпа», в котором также были обнаружены остатки фотосинтезирующих организмов.

Нижнеордовикская часть существенно терригенного разреза «Ишпа» расположена на правом берегу одноимённой реки. Здесь вскрыта верхняя батырбай-тремадокская часть ишпинской свиты.

Разрез «Лебедь» – парастратотип гурьяновской свиты – обнажен в правом берегу одноимённой реки, выше бывшего с. Стретинка, с видимыми контактами с подстилающей карасинской и перекрывающей чеборской свитами. В то же время значительная часть гурьяновской свиты верхнего ордовика в средней части стратотипического разреза «Бура» в правом берегу р. Лебедь в районе бывшего с. Гурьяновка недоступна для изучения. Опорный разрез гурьяновской свиты «Бия» расположен на правом берегу одноимённой реки южнее с. Верх-Бийск. В этом разрезе присутствуют отложения сандбийского и катийского возраста в составе гурьяновской (нижняя и верхняя подсвиты) и чеборской свит.

3.5. Восточная часть региона (Прителецкая структурно-фациальная зона)

Разрез «Верхний Турочак» Прителецкой СФЗ обнажается в правом борту одноимённого ручья. Здесь мы уделяли пристальное внимание известнякам самышской толщи сандбийского яруса.

Разрез «Самыш – Устье Тарлыка», расположенный в непосредственной близости к разрезу «Верхний Турочак», обнажается на протяжённом участке, который берёт начало от устья р. Самыш и заканчивается у устья р. Тарлык, где имеет место согласный контакт с вышележащей иогачской толщей.

Глава 4. АЛЬГОКОМПЛЕКСЫ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ ОБСТАНОВКИ КАРБОНАТОНАКОПЛЕНИЯ

4.1. Методика исследований

4.1.1. Полевые исследования

Для изучения фотосинтезирующих организмов и микрофациального анализа соискателем из коренных выходов отбирались образцы карбонатных пород. Ввиду обычно микроскопических размеров фотосинтезирующие организмы на поверхности породы как правило не различимы, в связи с чем были изготовлены петрографические шлифы. Отбор проб из разреза «Тачалов» производился методом трансект (по линии через равный интервал в 1 м, при этом допускалось отклонение от линии не более чем на 0.5-1 м с целью получения образцов не только из биогермов, но и из межбиогермного пространства).

4.1.2. Лабораторные исследования

Шлифы изготавливались в лаборатории седиментологии ИНГГ СО РАН и впоследствии просматривались соискателем на микроскопе Zeiss Axio в проходящем и поляризированном свете. Классические петрографические исследования пород сочетались с использованием СЭМ Tescan MIRA 3 LMU с микрозондом INCAEnergy 350 (ИГМ СО РАН). Этот метод был необходим для детального изучения особенностей строения пород. В результате получен набор фотографий и спектры химических элементов. Геохимические исследования в рамках настоящей работы проводились диссертантом с помощью портативного анализатора TrueX 960 в ИНГГ СО РАН (ЦКП «Коллекция ГЕОХРОН»). Данный прибор позволил провести оперативный качественный рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) образцов из разреза «Тачалов».

4.1.3. Палеонтологические исследования

Для определения фотосинтезирующих организмов применялись сравнительно-морфологический и эколого-фациальный методы.

Чтобы установить таксон, достаточно исследований поперечных и продольных сечений фоссилий. Для получения дополнительной информации изготавливались шлифы из остатков того же экземпляра.

При описании фотосинтезирующих организмов за основу была принята систематика из работы 1987 г. Б. И. Чувашова с соавторами.

Существенная неоднозначность возникает при применении широкого термина «известковые водоросли». Как отмечал Э. О. Амон [2011], это понятие показывает исключительно возможность к обызвествлению (частичному или полному) слоевищ и талломов. Данной особенностью характеризуются не только водоросли (зеленые, красные, харовые и т.д.), но и бактерии, обладающие способностью к фотосинтезу и индуцированной биоминерализации – цианобактерии (ранее использовавшееся наименование – сине-зелёные водоросли), а также известковые микропроблематики. Диссертант считает, что необходимо разделять цианобактерии, водоросли (зелёные, красные и др.) и проблематики со способностью к фотосинтезу (=кальцимикробы). Совокупность таких организмов в настоящей работе называется комплексом фотосинтезирующих микроорганизмов или просто – фотосинтезирующие микроорганизмы.

4.2. Микрофации и комплексы фотосинтезирующих микроорганизмов

4.2.1. Нижний ордовик

Нижний ордовик в пределах Горного Алтая наиболее полно охарактеризован в разрезе «Камлак» Бийско-Катунской СФЗ. В нём

диссертантом были диагностированы цианобактерии *Epiphyton* sp., однако они были установлены исключительно в кембрийской части разреза.

В другом нижнеордовикском разрезе «Ишпа» Уйменско-Лебедской СФЗ были обнаружены фотосинтезирующие организмы *Nuia sibirica* Maslov. Микрофация известняков − криноидно-пелоидные вакстоуны, участками до пакстоунов, с незначительной примесью алевритовой силикокластики.

4.2.2 Средний ордовик

Карбонатные пачки этого возраста с остатками фотосинтезирующих микроорганизмов установлены в разрезе «Батун» Локтевско-Батунской СФЗ. Здесь встречаются остатки красных водорослей *Contexta* sp. в брахиоподово-пелоидных пакстоунах, остатки цианобактерий *Hedstroemia* cf. *bifilosa* в биотурбированных вакстоунах и фотосинтезирующие организмы *Girvanella problematica* Nicholson et Etheridge и *Nuia sibirica* в полибиокластовых пакстоунах.

Для изученных пачек разреза «Бараний-1» характерны криноидно-брахиоподовые вакстоуны с незначительной примесью терригенного материала алевритовой размерности и биокластово-пелоидные алевритистые пакстоуны. В них встречаются биокласты красных водорослей *Contexta* sp., единичных микропроблематик *Nuia sibirica* и клубки *Girvanella problematica*.

4.2.3. Верхний ордовик

На территории Горного Алтая наибольшее распространение имеют коренные выходы позднеордовикского возраста (по сравнению с ранне- и среднеордовикскими).

В разрезе «Лебедь» северо-восточной части Горного Алтая были диагностированы обломки зелёных водорослей *Vermiporella* aff. *diffluens, Vermiporella* sp., красных водорослей *Solenopora* aff. *spongoides* и *Contexta* sp., а также цианобактерий *Girvanella problematica*. Установленные микрофации здесь варьируют в широких пределах: трилобитовые вакстоуны алевритистые, перекристаллизованные алевритовые известняки (трилобитово-криноидные вакстоуны?), трилобитово-водорослевые вакстоуны до пакстоунов алевритистые, полибиокластовые пакстоуны с неравномерной примесью алевритовой силикокластики, пелоидно-трилобитовые пакстоуны.

Одновозрастные описанным выше отложения в разрезах «Бура» и «Бия» содержат аналогичный комплекс фотосинтезирующих организмов. При этом в разрезе «Бура» встречаются полибиокластовые вакстоуны, участками до пакстоунов, трилобитово-водорослево-пелоидные грейнстоуны, оолитовые грейнстоуны и полибиокластово-оолитовые

пакстоуны до грейнстоунов. В разрезе «Бия» установлены полибиокластовые вакстоуны, водорослево-пелоидные пакстоуны, участками до вакстоунов, трилобитово-оолитовые пакстоуны до грейнстоунов, неравномерно алевритистые криноидные грейнстоуны, полибиокластово-оолитовые грейнстоуны алевритовые или песчанистые.

В разрезе «Верхний Турочак» в восточной части Горного Алтая установлены родоиды, сложенные красными водорослями *Solenopora* aff. *compacta* в микрофации онколитово-полибиокластовых флаутстоунов, участками до полибиокластовых пакстоунов.

В этой же части Горного Алтая в разрезе «Самыш-Тарлык» в биокластово-онколитовых грейнстоунах были обнаружены биокласты цианобактерий *Girvanella problematica*, реже микропроблематик *Nuia sibirica* средней и хорошей сохранности.

В центральном районе Горного Алтая в водорослево-трилобитово-пелоидных пакстоунах до грейнстоунов разреза «Мута» встречены красные водоросли *Contexta* sp. и зелёные водоросли *Vermiporella* aff. *diffluens*.

Водорослево-криноидно-пелоидные пакстоуны разреза «Суетка» центрального района Горного Алтая включают в себя обломки красных водорослей *Contexta* sp. и зелёных водорослей *Vermiporella* sp.

В 2016 г. на разрезах «Азраткан (Еланду)» и «Чакыр-Азраткан» (Ануйско-Чуйская СФЗ) в верхнеордовикских породах научной группой под руководством Н. В. Сенникова обнаружены небольшие тела, впоследствии отнесённые к калиптрам. Строение калиптр позволяет выдвинуть предположение об их биогенном происхождении и сравнить с другими биогенными структурами. Особенности строения этих тел и их сохранность (Рисунок 4) позволяют выделить морфологический тип калиптр *Calyptra* с двумя морфогруппами (*Calyptra homoeomerous* и *Calyptra compositus*) без привязки их к таксонам более высокого порядка (семейства и др.).

Разрез «Тачалов» является уникальным с точки зрения доступности для изучения и характеризуется наибольшим таксономическим разнообразием фотосинтезирующих организмов сравнительно с другими изученными разрезами, в связи с чем он был в разные годы опробован методом трансект (Рисунки 5, 6). Породы трансект 1 и 2 в рассматриваемом разрезе имеют относительно близкий химический состав. Различия в содержании породообразующих и малых элементов невелики, а наибольшее содержание характерно для кальция и неразделимых лёгких элементов. Это указывает на то, что вторичные процессы не изменили химический состав известняков.

Доминирующей в разрезе «Тачалов» является микрофация водорослево-цианобактериальных баундстоунов. Изучение известняков из

межбиогермного пространства показало, что они являются полибиокластовыми вакстоунами до пакстоунов.

Самыми часто встречаемыми фотосинтезирующими организмами являются цианобактерии *Girvanella problematica* и *Ortonella* sp., однако повсеместно наблюдаются зелёные водоросли *Vermiporella* aff. *diffluens* и *Vermiporella* sp. как в прижизненном положении, так и в виде биокластов. Встречаются остатки красных водорослей *Contexta* cf. *capitata* и *Contexta* sp., единичные цианобактерии *Rothpletzella* sp. и *Halysis* cf. *moniliformis* Høeg, а также зелёные водоросли *Apidium* cf. *parvulum, Palaeoporella* sp. В середине второй трансекты встречаются многочисленные остатки кальцимикробов *Proaulopora* sp.

Разрез «Бараний-2», являющийся одновозрастным аналогом разреза «Тачалов», содержит трилобитово-пелоидные пакстоуны до грейнстоунов, среди форменных элементов которых встречаются таллиты красных *Contexta* sp. и зелёных водорослей *Vermiporella* sp., а также многочисленные остатки цианобактерий *Proaulopora* sp.

4.3. Особенности распределения фотосинтезирующих организмов в зависимости от обстановок карбонатонакопления

В этой главе диссертантом показано, что на основании данных, полученных при детальном изучении вещественного состава известняков Горного Алтая, возможно частично реконструировать характеристики среды осадконакопления: температуру, гидродинамический режим, формирование на твёрдом морском дне или на мягком субстрате, освещённость, насыщенность кислородом и солёность. В первую очередь, это сведения о различных таксонах фотосинтезирующих организмов и содержащих их микрофациях (Таблица 1).

Таблица 1 - Установленные микрофации в изученных разрезах

Разрез	**Микрофации**
Ишпа	Криноидно-пелоидные вакстоуны, участками до пакстоунов, слабо алевритистые
Батун	Брахиоподово-пелоидные пакстоуны
	Биотурбированные вакстоуны
	Полибиокластовые пакстоуны
Бараний-1	Криноидно-брахиоподовые вакстоуны слабо алевритистые
	Биокластово-пелоидные алевритистые пакстоуны

Продолжение таблицы 1

Лебедь	Трилобитовые вакстоуны алевритистые
	Трилобитово-водорослевые вакстоуны до пакстоунов с неравномерной алевритовой примесью
	Пелоидно-трилобитовые пакстоуны
Бура	Трилобитово-водорослево-пелоидные грейнстоуны
	Полибиокластовые вакстоуны, участками до пакстоунов
	Оолитовые грейнстоуны
	Полибиокластово-оолитовые пакстоуны до грейнстоунов
	Мшанковые вакстоуны
Бия	Полибиокластовые вакстоуны
	Водорослево-пелоидные пакстоуны, участками до вакстоунов
	Трилобитово-оолитовые пакстоуны до грейнстоунов
	Криноидные грейнстоуны неравномерно алевритистые
	Полибиокластово-оолитовые грейнстоуны алевритовые, песчанистые
Верхний Турочак	Онколитово-полибиокластовые флаутстоуны, участками до полибиокластовых пакстоунов
Мута	Водорослево-трилобитово-пелоидные пакстоуны до грейнстоунов
Суетка	Водорослево-криноидно-пелоидные пакстоуны
Бараний-2	Трилобитово-пелоидные пакстоуны до грейнстоунов
Тачалов	Водорослево-цианобактериальные баундстоуны
	Полибиокластовые вакстоуны до пакстоунов
Азраткан (Еланду)	Фенестровые мадстоуны/баундстоуны
Самыш-Тарлык	Биокластово-онколитовые грейнстоуны

В изученных разрезах ордовика можно выделить следующие ассоциативные типы форменных элементов:

• **Rhodalgal** (разрез «Верхний Турочак») – ассоциация красных водорослей (более 80 %; обычны родоиды), мшанок, брахиопод,

иглокожих – широко распространена в нетропических районах с умеренно-тёплым климатом. Обстановки характеризуются подвижнйо средой седиментации и хорошей освещённостью (фотическая зона).

- **Chloralgal** (разрез «Тачалов») – ассоциация с преобладанием зелёных водорослей и подчинённым значением ветвящихся красных водорослей, редкими остатками иглокожих и брахиопод – характерна для тропических и умеренно-тёплых зон, контролируется солёностью воды.
- **Bryonoderm extended** (разрезы «Ишпа», «Самыш-Тарлык», «Лебедь», «Бия», «Бура») – ассоциация мшанок, иглокожих (обычно криноидей), брахиопод, кораллов, фотосинтезирующих организмов, иногда пелоидов – прохладно- и холодноводные условия.
- **Chlorozoan** (разрезы «Батун», «Бараний-1»,) – ассоциация зелёных водорослей и кораллов, реже встречаются красные водоросли, брахиоподы и нескелетные зёрна – встречается в тропических и в субтропических зонах.
- **Rhodechfor** (разрезы «Мута», «Суетка», «Бараний-2») – красные водоросли (до 80 %), иглокожие, мшанки – указывает на нетропические умеренные условия.

О гидродинамическом режиме можно судить, основываясь на структуре изученных известняков. Присутствие значительного количества микритового материала в мадстоунах или вакстоунах указывает на обстановки с малоподвижной средой седиментации, которая позволяла карбонатному материалу пелитовой размерности спокойно осаждаться. Такие структуры характерны для известняков разрезов, как «Ишпа», «Батун» или «Бараний-1». При активном воздействии волнений (и течений?) ил вымывался, что отражается на его отсутствии в грейнстоунах. Подобные типы известняков встречаются в разрезах северо-восточной и восточной части Горного Алтая, таких как «Самыш-Тарлык», «Бура» или «Бия».

Находки фотосинтезирующих организмов (особенно в прижизненном положении) могут выступать в качестве индикаторов для примерной оценки глубины осадконакопления и освещённости. Необходимо учитывать, что эти организмы являются как стеногалинными (водоросли), так и эвригалинными (цианобактерии) и, соответственно, имеют разное распространение. Кроме того, они весьма требовательны к кислороду, который им необходим для метаболизма. Именно ассоциация с другими морскими организмами (например, кораллами, мшанками или иглокожими) позволяет сделать вывод об условиях седиментации в насыщенной кислородом морской среде хорошей освещённости.

В качестве примера определения параметров осадконакопления с помощью фотосинтезирующих организмов можно рассмотреть разрезы

северо-востока Горного Алтая («Бия», «Лебедь», «Бура»). Значительное количество биокластов в целом и остатков фотосинтезирующих организмов, в частности, в нормально-слоистых известняках, вероятно, указывает на близкое расположение предполагаемого источника органогенных остатков. На это также указывает средняя и хорошая сохранность остатков и других форменных элементов (например, оолитов). Однако в разрезах этой части Горного Алтая также высока доля терригенного материала, что свидетельствует о значительном поступлении обломочного материала во время осадконакопления. На основании этого предполагается, что формирование отложений происходило в проксимальной части сублиторали.

4.4. Стратиграфическое и палеогеографическое распространение фотосинтезирующих организмов в ордовике Горного Алтая

Стратиграфическое и географическое распределение фотосинтезирующих организмов в ордовике Горного Алтая весьма неравномерно (Рисунок 7).

Отложения, сформированные в раннем ордовике, в настоящее время фиксируются в Уйменско-Лебедской СФЗ. Здесь в известняках ишпинской свиты обнаруживаются лишь остатки микропроблематик *Nuia sibirica*.

Несколько шире таксономическое разнообразие фотосинтезирующих организмов в среднем ордовике, естественные обнажения которого доступны для изучения в пределах Локтевско-Батунской, Чарышско-Инской и Прителецкой СФЗ. В первой установлены цианобактерии *Girvanella problematica*, *Hedstroemia* cf. *bifilosa* и красные водоросли *Contexta* sp. Во второй, помимо *Girvanella problematica* и *Contexta* sp., присутствуют остатки микропроблематик *Nuia sibirica*. В Прителецкой СФЗ в отложениях, коррелируемых с даррившильским ярусом, зафиксировано наличие *Girvanella problematica* и *Nuia sibirica*.

Остатки фотосинтезирующих организмов наиболее многочисленны и разнообразны в верхнем ордовике. В сандбийское время на территории Прителецкой СФЗ, помимо зелёных водорослей *Vermiporella* aff. *diffluens* Gnilovskaja и красных водорослей *Solenopora* aff. *compacta* (Billings) Nicholson et Etheridge и *Contexta* sp. встречаются проходящие с даррившила цианобактерии *Girvanella problematica* Nicholson et Etheridge. В Уйменско-Лебедской СФЗ комплекс фотосинтезирующих организмов полностью аналогичен комплексу в Прителецкой СФЗ. Широко распространены фотосинтезирующие организмы на территории Чарышско-Инской и Суеткинско-Куйбышевской СФЗ. В обеих зонах встречаются представители цианобактерий *Girvanella problematica* Nicholson et Etheridge, зелёные *Vermiporella* sp. и красные водоросли *Contexta* sp. При

этом в Суеткинско-Куйбышевской СФЗ присутствуют микропроблематики *Nuia sibirica* Maslov, а в Чарышско-Инской СФЗ – цианобактерии *Halysis* cf. *moniliformis* Høeg, *Rothpletzella* sp., *Ortonella* sp. и *Proaulopora* sp., зелёные дазикладовые *Apidium* cf. *parvulum* Gnilovskaja и сифоновые *Palaeoporella* sp., а также красные водоросли *Contexta* cf. *capitata* Gnilovskaja. Остатки лучшей сохранности отображены на Рисунке 3.

Наблюдается дифференциация фотосинтезирующих организмов в зависимости от СФЗ. Так, на востоке и северо-востоке Горного Алтая (Прителецкая и Уйменско-Лебедская СФЗ соответственно) широко распространены красные водоросли *Solenopora* aff. *compacta* Nicholson et Etheridge, а в центральной и западной части региона встречаются цианобактерии рода *Hedstroemia* Rothpletz. Однако есть и космополитные виды. К ним можно отнести цианобактерии *Girvanella problematica* Nicholson et Etheridge и красные водоросли *Contexta* sp.

Глава 5. ОПИСАНИЕ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ОРГАНИЗМОВ ОРДОВИКА ГОРНОГО АЛТАЯ

Монографическое описание проведено в соответствии с рекомендациями и классификацией, принятой в работе 1987 г. Б. И. Чувашова с соавторами. В основу выделения родовой принадлежности к той или иной группе положено строение слоевища и форма клеток (при их сохранности), а вида – размер клеток и слагаемых их нитей, размеры внутренних полостей (при их сохранности) и толщины стенок.

5.1. Цианобактерии (Cyanobacteria)

5.1.1. Систематика

Цианобактерии (=Cyanobacteria, цианеи, бывш. сине-зелёные водоросли Cyanophyta) рассматриваются в составе царства бактерий надцарства прокариот и являются отдельным типом. В ордовике Горного Алтая они встречаются чаще групп (зелёных и красных) водорослей, имея при этом самое большое таксономическое разнообразие.

5.1.2. Палеонтологическое описание

Всего описано 6 видов, отнесённых к 5 родам и 3 семействам.

Класс Hormogonophyceae (Geitler) Elenkin, 1934

Порядок Proauloporales Luchinina, 1975

Семейство Proauloporaceae Korde, 1969

Род *Proaulopora* Vologdin, 1937 (Ms)

Семейство Girvanellaceae Luchinina, 1975

Роды *Girvanella* Nicholson et Etheridge, 1878

Halysis Hoeg, 1932

Семейство Garwoodiaceae (John.), emend Shuysky, 1973

Роды *Ortonella* Garwood, 1914
Hedstroemia Rothpletz, 1913

5.2. Зелёные водоросли (Chlorophyta)

5.2.1. Систематика

Зелёные водоросли – отдел низших хлорофилл-содержащих автотрофных эукариот в составе царства растений. Из-за особенностей фоссилизации зелёных сифоновых водорослей сохраняется лишь часть таллома, в связи с чем допустимо использование термина «таллит».

5.2.2. Палеонтологическое описание

Всего описано 4 вида, отнесённых к 3 родам и 2 семействам.
Класс Chlorophyceae Kutzing, 1845
Порядок Dasycladales Pascher, 1931
Семейство Dasycladaceae Kutzing, 1843
Триба Dasyporelleae Pia, 1927
Род *Vermiporella* Stolley, 1893 (emend. Kozlowski et Kazmierczak, 1968)
Триба Cyclocrineae Pia, 1927
Род *Apidium* Stolley, 1896
Порядок Siphonales Blackman et Tansley, 1902
Семейство Codiaceae (Trevisan) Zanardini, 1843
Род *Palaeoporella* Stolley, 1893.

5.3. Красные водоросли (Rhodophyta)

5.3.1. Систематика

Красные водоросли (= багряные водоросли или багрянки) − многоклеточные организмы сложного строения, в основе которого лежит система разветвлённых нитей. В отличие от зелёных, красные водоросли имеют более сложный набор пигментов.

5.3.2. Палеонтологическое описание

Всего описано 3 вида, отнесённых к 2 родам и 2 семействам.
Порядок Kenellales Korde, 1973
Семейство Solenoporaceae Pia, 1927
Триба Solenoporae Tchuvashov, 1987
Род *Solenopora* Dybowsky, 1878
Семейство Moniliporellaceae Gnilovskaja, 1972
Род *Contexta* Gnilovskaja, 1972.

5.4. Проблематики

В этом подразделе рассматриваются остатки организмов, имеющих неясное систематическое положение: *Nuia sibirica* Maslov, 1954 и *Rothpletzella* sp. При этом допускается, что они имели возможность осуществлять фотосинтез.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведено монографическое изучение обызвествлённых остатков фотосинтезирующих организмов на основе коллекции из разрезов ордовика западной части АССО. В результате выполнено монографическое описание фотосинтезирующих организмов, имеющих породообразующее значение. Всего описано 15 видов фотосинтезирующих организмов, относящихся к 12 родам и 7 семействам, а также один морфотип и две морфогруппы калиптр.

Выполнен анализ распространения комплексов фотосинтезирующих организмов по латерали и по разрезу. Наименьшее разнообразие характерно для нижнего ордовика, где были встречены только микропроблематики. В среднем ордовике совместно с микропроблематиками встречаются красные водоросли и цианобактерии. Наибольшее распространение фотосинтезирующих микроорганизмов отмечается в верхнем ордовике.

Установленные комплексы микрофаций с содержащимися в них остатками фотосинтезирующих организмов ордовика АССО могут успешно применяться при реконструкциях обстановок осадконакопления.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации автора в рецензируемых журналах списка ВАК

Закирьянов, И.Г. Микрофации и палеоальгологические комплексы карбонатов верхнеордовикского разреза "Тачалов" (запад Горного Алтая) / И.Г. Закирьянов, В.А. Лучинина, Н.В. Сенников // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2023. – том 56. – № 4Б. – С. 109-118.

Закирьянов, И.Г. Таксономический состав известковых водорослей и микрофации верхнеордовикских образований северо-востока Горного Алтая / И.Г. Закирьянов, Н.В. Сенников // Геосферные исследования. – 2025. – № 1. – С. 6-19.

Лыков, Н.А. Строение нижнеордовикских строматолитовых биогермов в опорном разрезе р. Мойеро (Тунгусская Синеклиза, Восточная Сибирь) / Н.А. Лыков, **И.Г. Закирьянов**, А.В. Дронов, Ю.В. Ростовцева // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2024. – № 2. – С. 45-53.

Материалы конференций и тезисы научных докладов по данной теме

Закирьянов, И.Г. Неоднородность распределения фотосинтезирующих организмов в ордовике Горного Алтая / И. Г. Закирьянов, Н. В. Сенников // Литология: проблемы интеграции фундаментальной и прикладной науки. Материалы 5-й всероссийской школы студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по литологии – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2024. – С. 51-53.

Закирьянов, И.Г. Результаты изучения верхнеордовикских калиптр Горного Алтая методом сканирующей электронной микроскопии / И. Г. Закирьянов, Д. С. Горяйнов // Науки о Земле. Современное состояние: Материалы VII Всероссийской молодежной научно-практической школы-конференции (Геологический полигон "Шира", Республика Хакасия, Россия) – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2024. – С. 48-50.

Закирьянов, И.Г. Краткая история изучения известковых водорослей / И. Г. Закирьянов // Геология: Материалы 62-й Международной научной студенческой конференции (МНСК-2024) (г. Новосибирск) – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2024. – С. 25.

Закирьянов, И.Г. Комплекс известковой альгофлоры в верхнеордовикских карбонатных образованиях северо-востока Горного Алтая / И. Г. Закирьянов, Н. В. Сенников // Материалы LXX сессии Палеонтологического общества при РАН – СПб: Картфабрика Института Карпинского, 2024. – С. 57-58.

Закирьянов, И.Г. Комплекс известковой альгофлоры в верхнеордовикских карбонатных образованиях Алтая (разрез «Тачалов») / И.Г. Закирьянов, Н.В. Сенников, В.А. Лучинина // Материалы LXIX сессии Палеонтологического общества при РАН – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2023. – С. 48-50.

Закирьянов, И.Г. Характеристика различных форм талломов ордовикских известковых водорослей Горного Алтая / И.Г. Закирьянов // Материалы VI Всероссийской молодежной научно-практической школы-конференции (Геологический полигон "Шира", Республика Хакасия, Россия) – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2023. – С. 112-114.

Закирьянов, И.Г. Водорослевые образования позднего ордовика Прителецкого Алтая / И.Г. Закирьянов // Уральская минералогическая школа - 2022 – Екатеринбург, 2022. – № 28. – С. 60-61.

Закирьянов, И.Г. Биогенная природа и строение куполообразных микропостроек - калиптр в верхнеордовикских известняках центральной части Горного Алтая / И.Г. Закирьянов, Н.В. Сенников, В.А. Лучинина // Интерэкспо ГЕО-Сибирь – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2022. – Т. 2, № 1. – С. 186-193.

Сенников, Н.В. О фациальных особенностях верхнеордовикских карбонатов Прителецкой зоны Горного Алтая / Н.В. Сенников, **И.Г. Закирьянов**, И.В. Вараксина // Интерэкспо ГЕО-Сибирь – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2022. – Т. 2, № 1. – С. 216-222.

Закирьянов, И.Г. Первые находки красных известковых водорослей из позднего ордовика Прителецкого Алтая / И.Г. Закирьянов // Материалы 60-й Международной научной студенческой конференции (МНСК-2022) – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2022. – С. 28.

Подписано в печать 01.09.2025 г.
Формат 60x84/16. Уч.-изд. л. 1,5. Усл. печ. л. 1,4.
Тираж 100 экз. Заказ №119
Издательско-полиграфический центр НГУ.
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2.

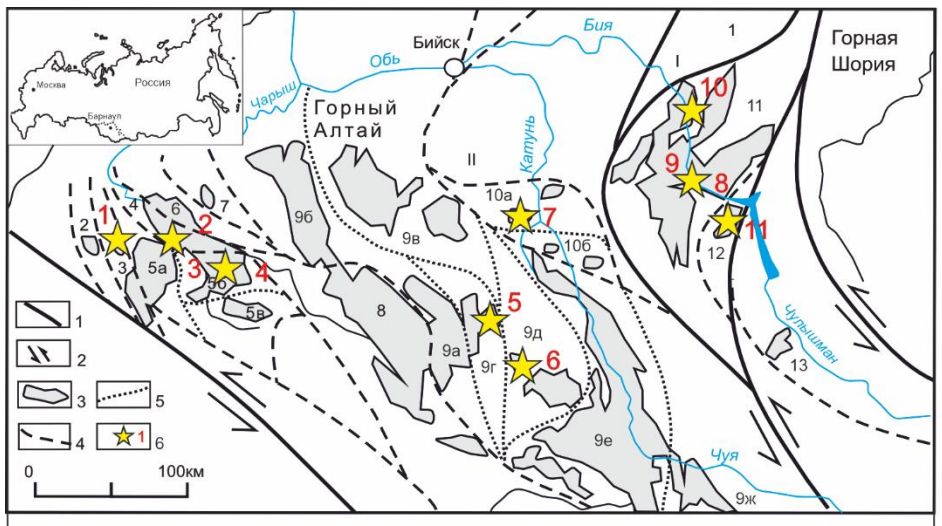

Рисунок 1 - Схема районирования ордовикских отложений Горного Алтая [Сенников и др., 2018].
1 – глубинные разломы, ограничения крупнейших региональных блоков; 2 – зоны главных сдвигов; 3 – площади распространения ордовикских отложений; 4 – границы структурно-фациальных зон; 5 – границы между фациальными районами или их частями (участками); 6 – расположение изученных разрезов.
Элементы структурно-фациального районирования различного ранга (I-II – регионы, 1-14 – структурно-фациальные зоны (СФЗ), а-ж – фациальные районы (ФР)): I – *Горная Шория*: 1 – Тельбесская; II – *Горный Алтай*: 2 – Милововановская; 3 – Локтевско-Батунская; 4 – Суеткинско-Куйбышевская; 5 – Чарышско-Инская (ФР: 5а – западный, 5б – центральный, 5в – южный); 6 – Харловская; 7 – Выдрихинская; 8 – Талицкая; 9 – Ануйско-Чуйская (ФР: 9а – северо-западный, 9б – участок западной окраины центрального, 9в – северный, 9г – северный участок центрального, 9д – южный участок центрального; 9е – южный, 9ж – юго-восточный); 10 – Бийско-Катунская (ФР: 10а – западный, 10б – центральный); 11 – Уйменско-Лебедская; 12 – Прителецкая; 13 – Улаганская.
Разрезы: 1 – «Батун» (O_2); 2 – «Суетка» (O_3); 3 – «Тачалов» (O_3); 4 – «Бараний-1» (O_2) и «Бараний-2» (O_3); 5 – «Мута» (O_3); 6 – «Чакыр-Азраткан» (O_3), «Азраткан (Еланду)» (O_3), «Ебогон» (O_3); 7 – «Камлак» (O_1); 8 – «Бия» (O_3); 9 – «Ишпа» (O_1); 10 – «Лебедь» (O_3) и «Бура» (O_3); 11 – «Самыш - Устье Тарлыка» (O_2) и «Верхний Турочак» (O_3)

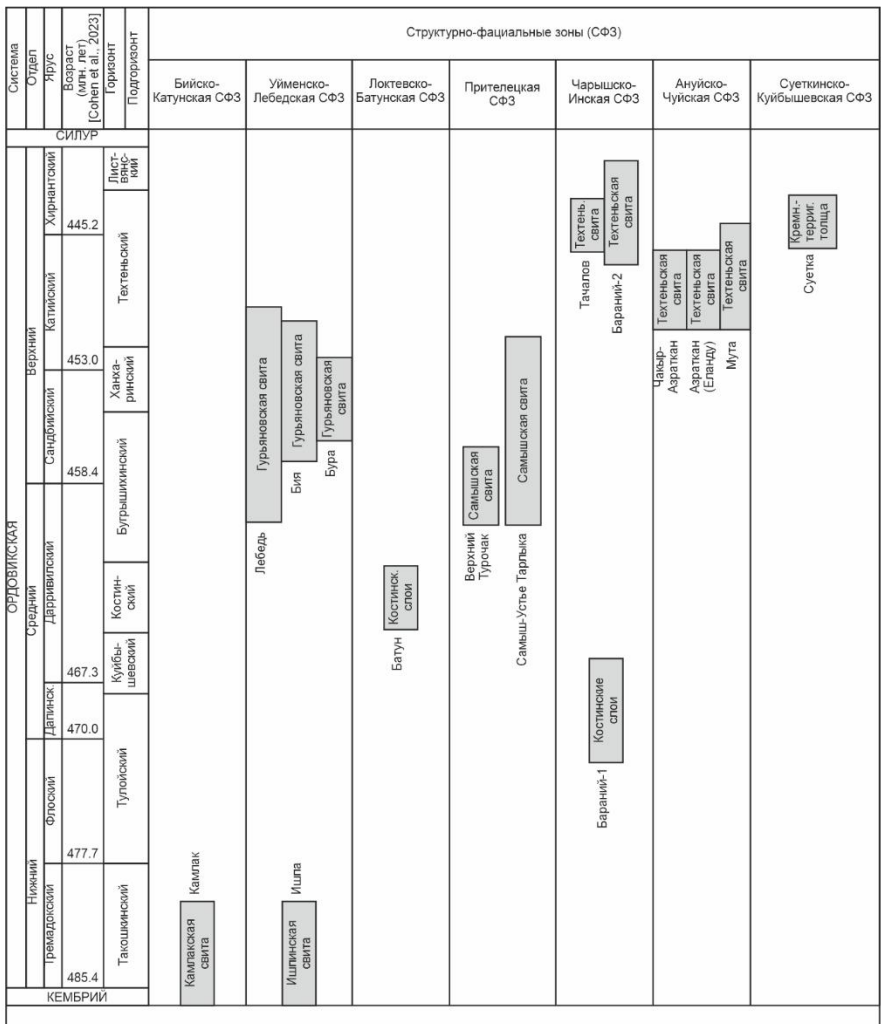

Рисунок 2 - Стратиграфическая схема ордовика западной части АССО и стратиграфическая привязка опробованных разрезов

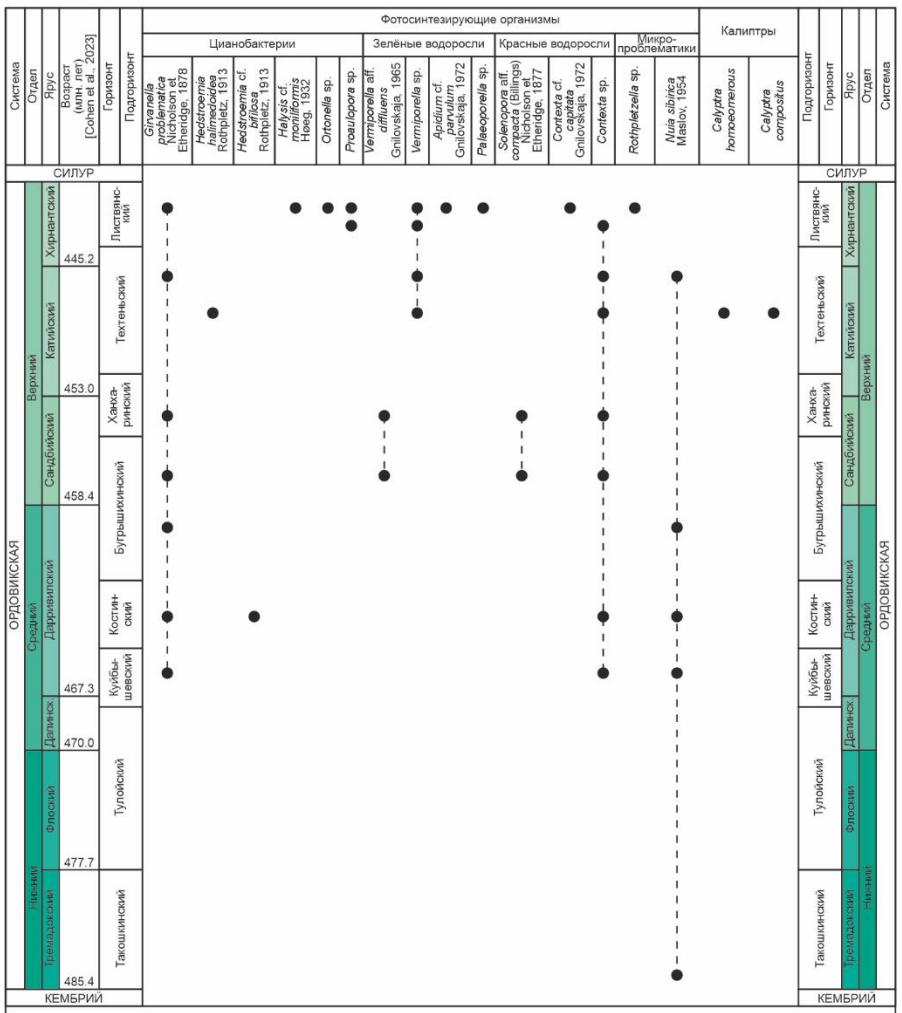

Рисунок 7 - Стратиграфическое распределение фотосинтезирующих организмов и морфогрупп в ордовике Горного Алтая.

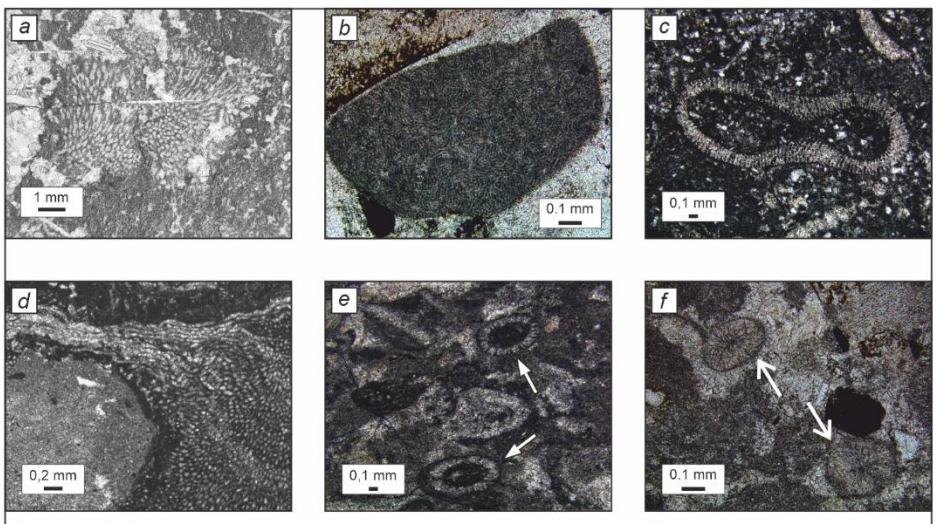

Рисунок 3 - Остатки фотосинтезирующих организмов наилучшей сохранности в ордовике Горного Алтая.
a - Hedstroemia halimedoidea Rothpletz, 1913. Поперечные сечения. Образец С-1724-4, разрез «Чакыр-Азраткан». Верхний ордовик, катийский ярус, техтеньский горизонт, пачка 2.
b - Girvanella problematica Nicholson et Etheridge, 1878. Образец 200, разрез «Бия». Обломок колонии. Верхний ордовик, катийский ярус, чеборская свита, пачка 24.
c - Vermiporella aff. *diffluens* Gnilovskaja, 1965. Поперечное сечение таллита. Образец 215, разрез «Лебедь». Верхний ордовик, сандбийский ярус, гурьяновская свита, пачка 11.
d - Solenopora aff. *compacta* (Billings) Nicholson et Etheridge, 1877. Образец С-1754, разрез «Верхний Турочак». Верхний ордовик, сандбийский ярус, самышская толща.
e - Contexta sp. Сечения поперечные. Образец 220723-9, разрез «Суетка». Верхний ордовик, катийский ярус, техтеньский горизонт, кремнисто-терригенная толща, пачка 1.
f - Nuia sibirica Maslov, 1954. Образец 260922-8, разрез «Ишпа». Сечения поперечные. Нижний ордовик, тремадокский ярус, ишпинская свита, пачка 8.

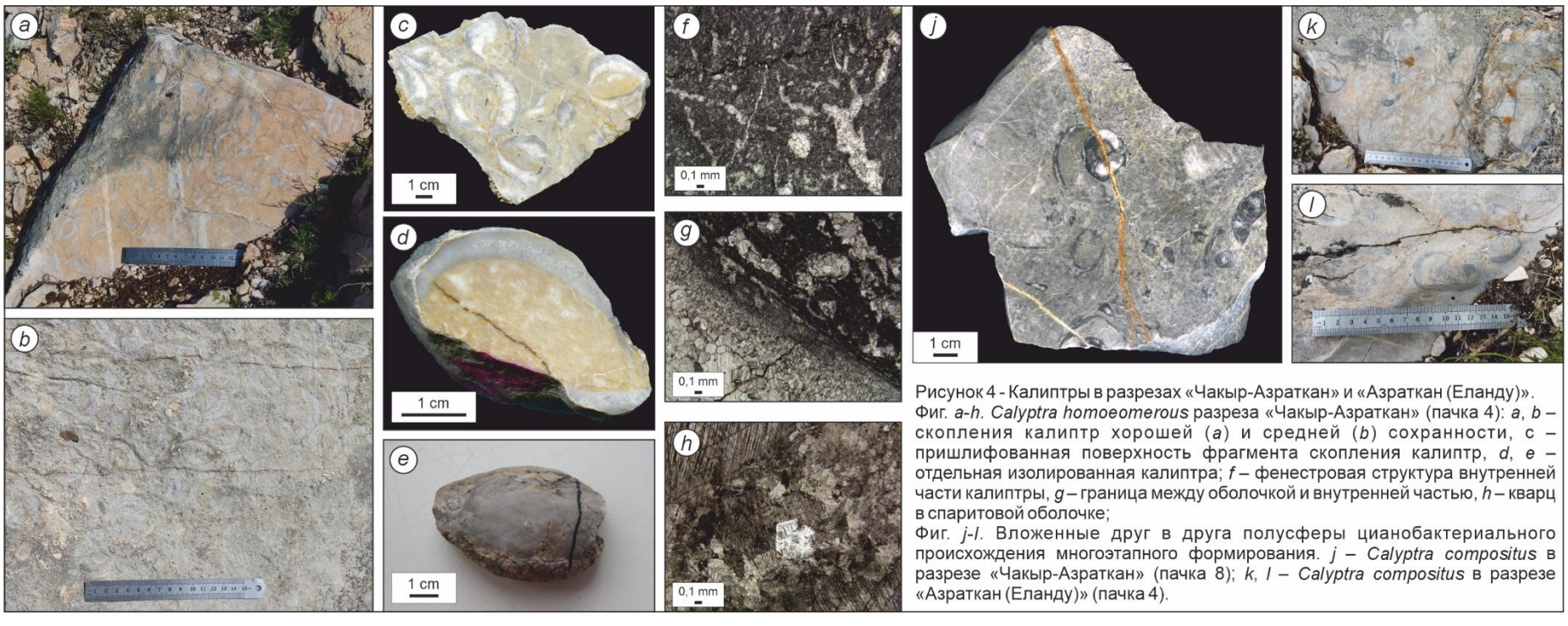

Рисунок 4 - Калиптры в разрезах «Чакыр-Азраткан» и «Азраткан (Еланду)».
Фиг. *a-h*. *Calyptra homoeomerous* разреза «Чакыр-Азраткан» (пачка 4): *a*, *b* – скопления калиптр хорошей (*a*) и средней (*b*) сохранности, *c* – пришлифованная поверхность фрагмента скопления калиптр, *d*, *e* – отдельная изолированная калиптра; *f* – фенестровая структура внутренней части калиптры, *g* – граница между оболочкой и внутренней частью, *h* – кварц в спаритовой оболочке;
Фиг. *j-l*. Вложенные друг в друга полусферы цианобактериального происхождения многоэтапного формирования. *j* – *Calyptra compositus* в разрезе «Чакыр-Азраткан» (пачка 8); *k*, *l* – *Calyptra compositus* в разрезе «Азраткан (Еланду)» (пачка 4).

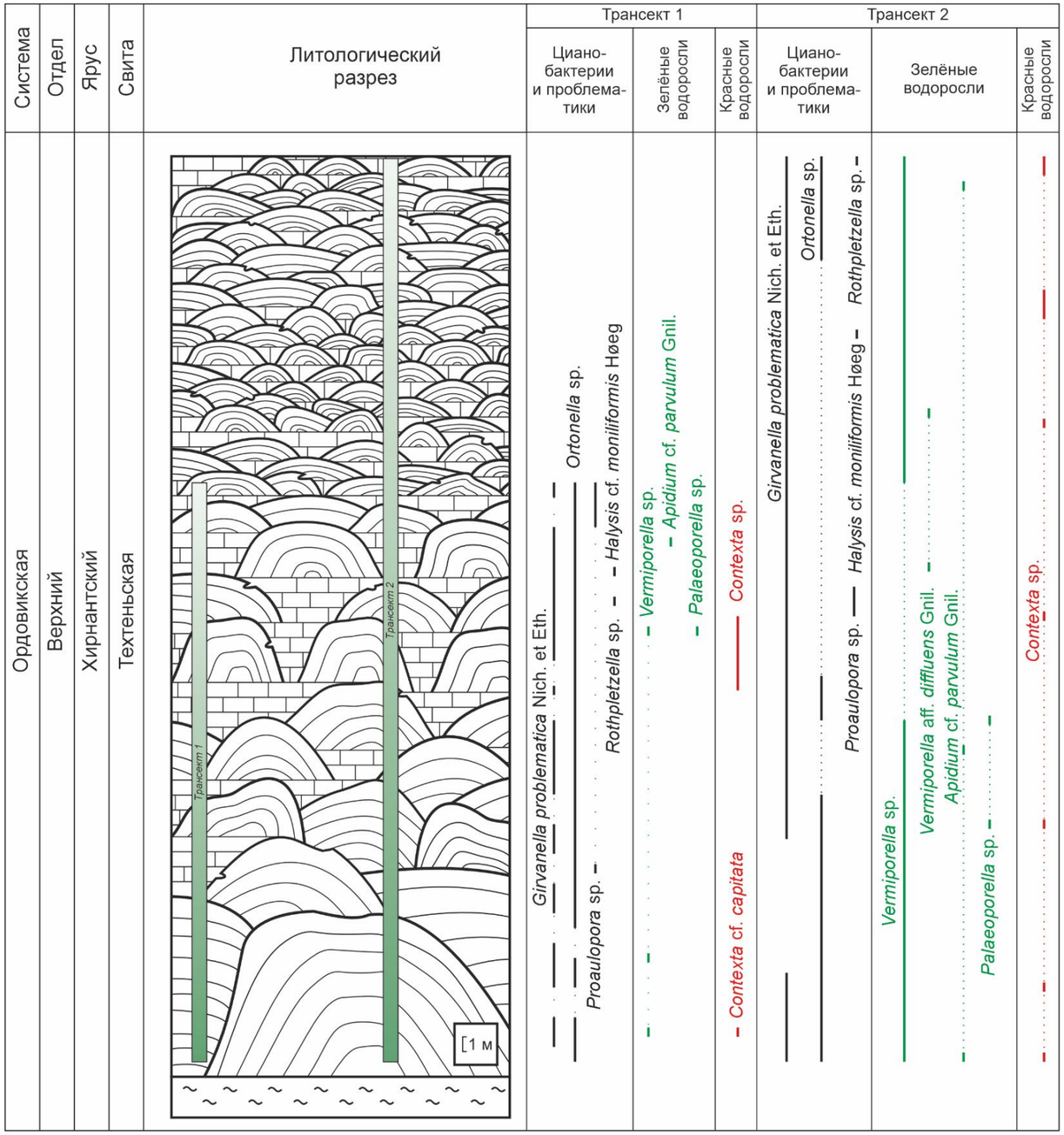

Рисунок 5 - Литолого-стратиграфическая колонка биогермных известняков верхнеордовикского разреза «Тачалов», содержащего наибольшее количество таксонов фотосинтезирующих организмов [Закирьянов, Сенников, 2023].
Сплошными чёрными линиями показаны интервалы разреза с встреченными в нём остатками палеоальгофлоры. Пунктирным линиям соответствуют интервалы с предполагаемым распространением фотосинтезирующих организмов

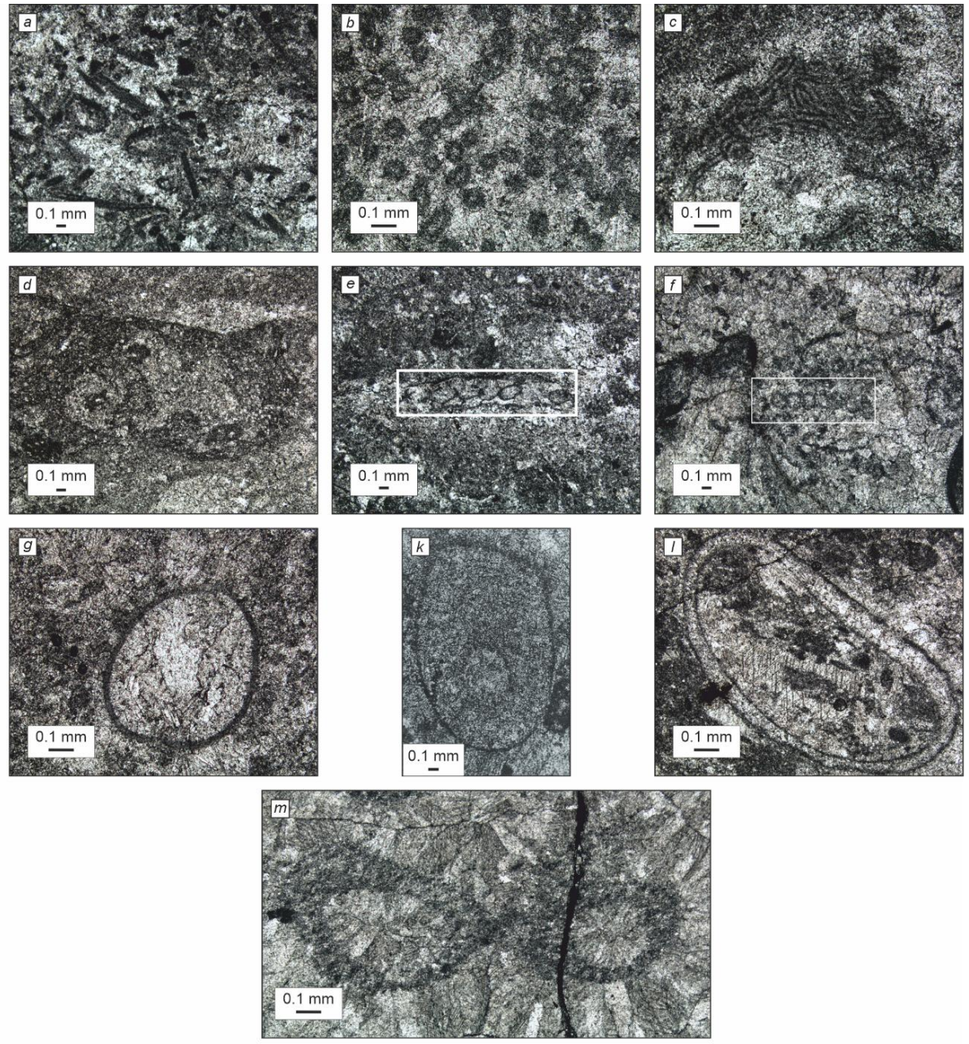

Рисунок 6 - Фотосинтезирующие организмы в разрезе «Тачалов».
Фиг. *a, b*. *Proaulopora* sp. Образец 159/40 (фиг. *a*) с преимущественно продольными сечениями и образец 159/16 (фиг. *b*) с поперечными сечениями. Верхний ордовик, хирнантский ярус, техтеньская свита, пачка 3.
Фиг. *c*. *Girvanella problematica* Nicholson et Etheridge, 1878. Образец 159/39 с хорошо сохранившимися нитями. Верхний ордовик, хирнантский ярус, техтеньская свита, пачка 3.
Фиг. *d*. *Ortonella* sp. Образец 159/28. Формируют оболочки вокруг биокластов. Верхний ордовик, хирнантский ярус, техтеньская свита, пачка 3.
Фиг. *e*. *Rothpletzella* sp. Образец 159/34. Продольное сечение. Верхний ордовик, хирнантский ярус, техтеньская свита, пачка 3.
Фиг. *f*. *Halysis* cf. *moniliformis* Høeg, 1932. Образец 159/36. Продольное сечение. Верхний ордовик, хирнантский ярус, техтеньская свита, пачка 3.
Фиг. *g*. *Apidium* sp. Образец 159/32. Поперечное сечение. Верхний ордовик, хирнантский ярус, техтеньская свита, пачка 3.
Фиг. *k*. *Palaeoporella* sp. Образец 159/32. Поперечно-скошенное сечение. Верхний ордовик, хирнантский ярус, техтеньская свита, пачка 3.
Фиг. *l*. *Contexta* sp. Образец 159/32. Поперечно-скошенное сечение. Верхний ордовик, хирнантский ярус, техтеньская свита, пачка 3.
Фиг. *m*. *Vermiporella* sp. Образец 159/4. Поперечное сечение. Верхний ордовик, хирнантский ярус, техтеньская свита, пачка 3.