

ОТЗЫВ

официального оппонента Мининой Ольги Романовны
на диссертацию Закирьянова Ильи Газинуровича «Ордовикские сообщества
фотосинтезирующих организмов Горного Алтая, их стратиграфическое положение и роль
в биогенном карбонатакоплении», представленную на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук
по специальности 1.6.2. – Палеонтология и стратиграфия

Диссертационная работа Закирьянова Ильи Газинуровича посвящена изучению фотосинтезирующих организмов в ордовикских отложениях Горного Алтая, установлению их таксономического состава, стратиграфического и фациального распространения. В представленной работе решается важная научная проблема, связанная с монографическим описанием малоизученной группы фотосинтезирующих организмов и определением ее значения для биостратиграфического расчленения ордовикских отложений Горного Алтая. К настоящему времени об ордовикских фотосинтезирующих, часто пороодообразующих, организмах крайне мало информации, лишь в некоторых работах приводятся сведения об их отдельных родах и видах без детального описания и фотоизображений (например [Терлеев и др., 2004]). Соискателем были поставлены и решены задачи по диагностике, распространению ордовикских фотосинтезирующих организмов на территории исследуемого региона, по определению микрофаций карбонатных пород с альгокомплексами и установлению закономерностей их распределения в разрезах. Комплексирование литологических и палеонтологических исследований, использование современных методов и подходов анализа карбонатных толщ и содержащихся в них остатков фотосинтезирующих организмов позволили И.Г. Закирьянову внести существенный вклад в изучение этой группы органических остатков. В этой связи особенно важно, что изученные разрезы, является ключевым для стратиграфии ордовика не только исследуемого региона, но и всей территории России. Актуальность и своевременность работы несомненны.

Научная новизна исследования и полученных результатов. И.Г. Закирьяновым впервые на территории Горного Алтая установлено масштабное распространение в ордовикских отложениях фотосинтезирующих организмов. Выявлены таксономически разнообразные ордовикские их комплексы, относящиеся к цианобактериям, зеленым и красным водорослям и проблематике. Монографически описаны 12 родов и 15 видов в их составе. Определена связь распределения таксонов с карбонатными микрофациями, новые

морфологические типы калиптр (один морфотип и две морфогруппы), показано, что они формируются бактериями, а не водорослями. И.Г. Закирьяновым обоснована возможность использования фотосинтезирующих организмов при реконструкции обстановок осадконакопления и оценены потенциальные возможности использования их для целей региональной стратиграфии. Убедительно показано, что комплексы фотосинтезирующих организмов имеют важное биостратиграфическое и биофаціальное значение для ордовикских отложений Горного Алтая. Защищаемые положения подтверждают новизну проведенных исследований.

Степень обоснованности научных положений и выводов. В своих исследованиях диссертант использовал комплекс методов, включающих полевые и современные лабораторные методы исследований. И.Г. Закирьяновым или при его непосредственном участии были изучены литологические особенности 14 опорных разрезов ордовика в Чарышко-Инской, Локтевско-Батунской, Суеткинско-Куйбышевской, Ануйско-Чуйской, Бийско-Катунской, Уйменско-Лебедянской и Прителецкой структурно-фаціальных зонах Горного Алтая. В работе были использованы коллекции научного руководителя Н.В. Сенникова и коллег. Автором о лично проведены сборы образцов, подготовка (более 400 образцов), описание палеонтологических и петрографических шлифов (более 700 шлифов) и интерпретация полученных результатов. Образцы карбонатных пород с фотосинтезирующими организмами изучались с использованием СЭМ Tescan MIRA 3 LMU с микрозондом INCAEnergy 350 (ИГМ СО РАН).

Всего по теме диссертации опубликовано 13 работ: 3 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК и 10 публикаций – в сборниках и материалах конференций. Все публикации отражают основные положения диссертации. Результаты исследований неоднократно докладывались на конференциях и совещаниях.

Теоретическая значимость диссертационного исследования И.Г. Закирьянова состоит в том, что монографически описанные им фотосинтезирующие организмы из ордовикских отложений Горного Алтая, имеют породообразующее значение в рифогенных постройках, их комплексы позволяют реконструировать обстановки осадконакопления и климатические условия. Новые данные, полученные соискателем представляют интерес для специалистов, связанных с изучением или разработкой моделей строения разновозрастных органогенных построек. Практическая значимость работы определяется тем, что полученные результаты могут быть использованы при проведении разномасштабных геолого-съёмочных работ и тематических исследований, актуализации Региональной стратиграфической схемы ордовика Горного Алтая.

Диссертационная работа продумана, хорошо структурирована с разбивкой на главы и подразделы, хорошо иллюстрирована. Состоит из Введения, 5 глав и Заключения. Объем работы составляет 205 страниц. Диссертация содержит 50 рисунков, 14 таблиц (включая 11 фототаблиц) и 4 приложения. Список литературы состоит из 264 наименований. Объем автореферата составляет 26 страниц, включая 1 рисунок и вкладку с 5 рисунками.

Во **Введении** работы приведены все необходимые сведения, сформулированы цель и актуальность исследований, основные задачи, научная новизна и практическая значимость, личный вклад автора.

На защиту вынесены 3 защищаемые положения.

Первое защищаемое положение посвящено определению и описанию фотосинтезирующих организмов из изученных ордовикских отложения Горного Алтая и хорошо обосновано в тексте диссертации, но к сожалению некоторые сведения разбросаны по главам (что относится и к другим защищаемым положениям), это несколько затрудняет рассмотрение материала. Единственно, я бы предложила несколько иную формулировку первого положения – «Фотосинтезирующие организмы из ордовикских отложениях (а не в ордовике) Горного Алтая имеют значительное родовое и видовое таксономическое разнообразие, включают 15 видов в составе 12 родов и представлены зелёными и красными водорослями, цианобактериями и микропроблематиками».

Во втором защищаемом положении доказывается, что фотосинтезирующие организмы имеют породообразующее значение, а их комплексы характеризуют обстановки осадконакопления в ордовике Горного Алтая. Здесь также следовало бы несколько изменить формулировку, сначала результат и уже далее - о чем он свидетельствует, например «Ордовикские фотосинтезирующие организмы имеют породообразующее значение, а их комплекс свидетельствует о том, что осадконакопление происходило в широком спектре рифовых, зарифовых и предрифовых областей (от передового склона карбонатной платформы до песчаных отмелей края карбонатной платформы) в условиях тёплого и гумидного климата».

Третье защищаемое положение посвящено характеристике одного морфотипа и двух морфогрупп калиптр, установленных в ордовикских отложениях исследуемого региона. Калиптры установлены все же не в ордовике, а в ордовикских отложениях.

Все, выдвигаемые на защиту положения хорошо обоснованы, к самой доказательной базе положений нет замечаний

Первая глава содержит обзор истории исследований ордовикских отложений Горного Алтая и ископаемых фотосинтезирующих организмов в России и за рубежом. В истории геологического изучения ордовикских отложений соискатель условно выделяет несколько этапов, правомерно связывая завершение каждого из них можно с проведением Стратиграфического совещания и выпуском новой версии Региональной стратиграфической схемы ордовика. В истории изучения фотосинтезирующих организмов также предложено выделять четыре этапа, связанные с временными интервалами сбора и анализа информации, формирования классификации установленных групп, обработкой и интерпретацией результатов палеоальгологических исследований, определение роли фотосинтезирующих организмов в качестве индикаторов обстановок осадконакопления. Соискатель справедливо отмечает, что до настоящего времени изучение фотосинтезирующих организмов не утратило своей актуальности, однако на современном этапе эти работы весьма малочисленны.

Вторая глава «Лито – и биостратиграфия ордовика Горного Алтая» посвящена обзору геологического строения исследуемого региона, определению основных объектов исследований, обзору подразделений ордовика согласно Международной хроностратиграфической шкале, краткой характеристике региональных и местных стратиграфических подразделений.

Однако следует отметить, что характеристика региональных горизонтов очень краткая, ограничивается местоположением стратотипа и перечислением пород, отсылая читателя к рисункам. То же самое относится и к местным стратиграфическим подразделениям, где добавлено только перечисление находок фауны, хотя соискатель в тексте работы пишет: «В данной главе под литостратиграфией понимается расчленение и корреляция отложений местных стратонов (свит) с рассмотрением их литологических особенностей. В части, посвящённой биостратиграфии, рассмотрены вопросы расчленения и сопоставления разновозрастных отложений по фаунистическим и альгокомплексам. Последним уделено особое внимание как основному объекту исследований в настоящей диссертационной работе.» А серьезного обсуждения вопросов расчленения и сопоставления разновозрастных отложений по фаунистическим и альгокомплексам я не увидела.

Третья глава содержит геологическое описание и палеонтологическую характеристику 14 разрезов ордовикских отложений, изученных соискателем, в которых установлены остатки альгофлоры. В Чарышско-Инской, Локтевско-Батунской и Суеткинско-Куйбышевской СФЗ (западная часть региона) были описаны разрезы

«Тачалов» и «Бараний-2», «Батун», «Суетка». В Ануйско-Чуйской СФЗ изучены разрезы «Чакыр-Азраткан», «Азраткан (Еланду)» и «Мута», в Бийско-Катунской СФЗ - разрез «Камлак», в Уйменско-Лебедской СФЗ - разрезы «Лебедь», «Бура», «Бия» и «Ишпа», в Прителецкой СФЗ - разрез «Верхний Турочак». Кроме собственных наблюдений, соискателем использованы результаты предшествующих исследований. В карбонатной пачке средней части разреза «Азраткан (Еланду)» были описаны калиптры - объекты самой низшей иерархии среди бескаркасных рифовых комплексов. Калиптры это не конкретные организмы, а морфологически обособленные объекты, по мнению соискателя являются результатом симбиоза бактерий, включающим и продукты их жизнедеятельности, с присущими ему наборами структур и текстур.

Глава хорошо проиллюстрирована схемами и литолого-стратиграфическими колонками, сопровождается фотографиями местности с изученными объектами.

Некоторые замечания. Непонятно пояснение в сноске – «Здесь и далее – колонки не в масштабе», масштаб следовало бы соблюдать, соотношение мощностей пачек без этого трудно понять и сложно сопоставить разрезы.

К литолого-стратиграфическим колонкам отсутствуют условные знаки для литологических типов пород. Нет пояснений к сплошным, пунктирным линиям, которые присутствуют в колонках. Можно только догадываться. Пояснения появляются только в главе 4, на рис. 35 «Сплошными чёрными линиями показаны интервалы, пунктирным линиям соответствуют интервалы...» (стр. 86), есть на рисунке и условные знаки для типов пород. Только на фотографии они отмечены цифрами арабскими, а в подписях к рисунку – римскими. Это необходимо было показать ранее, к колонкам в третьей главе.

При описании палеонтологической характеристики большей части разрезов (например, «Камлак», «Азраткан (Еланду)», Чакыр-Азраткан» и др.) перечислены роды и виды фаунистических остатков и отсутствуют остатки фитосинтезирующих организмов, они указаны только в колонках, где также показаны и другие группы фауны.

В автореферате в этой главе надо было бы для каждого разреза привести литологическую характеристику. А сведения, например – «В условиях ограниченной обнаженности разрез доступен для изучения только в виде отдельных выходов.....» или «В ходе полевых работ было обнаружено, что интервалы распространения этих биогермов задернованы и недоступны для изучения» в автореферате не так важны.

Четвертая глава «Альгокомплексы и связанные с ними обстановки карбонатакопления» посвящена в основном, результатам собственных исследований

соискателя. Однако, глава перегружена информацией, разделами, подразделами, и соответственно, информативная ее часть воспринимается сложно.

В разделе 4.1 рассматриваются методы исследования: изучение разрезов в полевых условиях, петрографические с целью определения микрофаций, при установлении которых важным признаком являлось определение форменных элементов (ФЭ) – биокластов, пелоидов, оолитов, онколитов. Петрографические исследования пород сочетались с использованием сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Tescan MIRA 3 LMU с микрозондом INCAEnergy 350 (ИГМ СО РАН), необходимого для детального изучения особенностей строения пород из рифогенных массивов. Геохимические исследования проводились лично диссертантом с помощью портативного анализатора TrueX 960 в ИНГГ СО РАН (ЦКП «Коллекция ГЕОХРОН»). В подразделе 4.1.3 соискатель указывает, что при палеонтологических исследованиях применялся сравнительно-морфологический и эколого-фациальный методы. При описании фотосинтезирующих организмов диссертантом принята систематика из работы Б.И. Чувашова (1987 г.). Следует отметить, что И.Г. Закирьянов анализирует имеющуюся литературу и классификации по фотосинтезирующим организмам, неоднозначность применения некоторых терминов, спорные вопросы таксономического плана. В своей работе совокупность организмов, способных к фотосинтезу он называет фотосинтезирующими организмами и относит к ним цианобактерии, водоросли и микропроблематики (спорные роды неясного систематического происхождения).

В подразделе 4.2 И.Г. Закирьяновым приведены результаты изучения микрофаций и фотосинтезирующих организмов для всех изученных разрезов, т.е. фактические данные и результаты исследований соискателя. Эта часть работы одна из наиболее обширных и важных. Раздел содержит необходимые сведения о микрофациях, доминирующих в изученных разрезах, хорошо проиллюстрирован, снабжен статистическими данными. Выделены многочисленные микрофации в карбонатных породах ниже-средне-и верхнеордовикских отложений. Среди микрофаций преобладают вакстоуны и пакстоуны, реже встречаются грейнстоуны и мадстоуны, а также флаутстоуны и баундстоуны. Среди форменных элементов микрофаций преобладают биокласты фауны, часто встречаются оолиты, онколиты и пелоиды, присутствует терригенная примесь. Соискатель рассматривает разномасштабные органогенные постройки, в формировании которых участвовали фотосинтезирующие организмы. Важен вывод соискателя о том, что таксономическое разнообразие алтайских форм фотосинтезирующих организмов имеет прямую зависимость от размеров биогермов.

Особое внимание уделяет строению и механизму формирования морфологической формы *Calyptra*. Полученные данные свидетельствуют о биогенном происхождении калиптр. В результате исследований обнаружено, что внутренняя структура калиптр является фенестровой, генезис которой связан с деятельностью бактерий (в т.ч. цианобактерий). Установлены факторы, необходимые для формирования ордовикских алтайских калиптр. Отмечено, что калиптры и вмещающие их породы отличаются по своему строению, что связано с формированием их в обстановках с разной гидродинамикой. Механизм образования калиптр схож с образованием строматолитов, однако, как полагает соискатель, причина появления калиптр или строматолитов связана с жизнедеятельностью разных групп цианобактерий. В одних и тех же внешних условиях за счет жизнедеятельности одной группы формировались строматолиты, а за иной группы - сдвоенные купола (калиптры), с изоляцией внутренних оболочек от внешней среды. Подобные отличия позволили И.Г. Закирьянову выделить и описать морфологический тип калиптр с двумя морфогруппами *Calyptra homoeomeros* и *Calyptra compositus*, без привязки их к таксонам более высокого порядка.

Высокое таксономическое разнообразие фотосинтезирующих организмов и микрофаций во внешне однородных известняках, латеральная изменчивость состава фотосинтезирующих организмов в разрезе «Тачалов» прослежена методом трансект.

В подразделе 4.3 диссертантом рассматриваются особенности распределения фотосинтезирующих организмов в зависимости от обстановок карбоната накопления в ордовике региона. Сведения, полученные соискателем о различных таксонах фотосинтезирующих организмов и содержащих их микрофациях, указывающие на температуру, гидродинамический режим, формирование на твёрдом морском дне или на мягком субстрате, освещённость, насыщенность кислородом и солёность могут использоваться при реконструкции условий осадконакопления в ордовике. Например, ассоциативные типы зёрен, включающие форменные элементы (ассоциации водорослей, фауны, пеллоидов, несkeletalных зерен и др.), их тип и количество, и выделенные в алтайских микрофациях (*Rhodalgae*, *Chloralgae*, *Bryonoderm extended*, *Chlorozoan*, *Rhodechfor*), указывают на формирование известняков в ордовикский период в тепловодных и умеренных климатических условиях. О гидродинамическом режиме можно судить, основываясь на составе изученных известняков. Так известняки разрезов «Ишпа», «Батун», «Бараний-1» (западная часть региона), накапливались в спокойных условиях, а известняки разрезов северо-восточной и восточной части Горного Алтая формировались при активном воздействии волнений. Находки фотосинтезирующих

организмов могут служить индикаторами глубины осадконакопления и освещённости, так как для них необходим кислород в достаточном количестве, а ассоциация с другими морскими организмами (например, кораллами, мшанками или иглокожими) позволяет делать вывод об аэробной зоне морской среды с хорошей освещённостью. Приведены примеры реконструкции условий осадконакопления для некоторых разрезов северо-востока Горного Алтая. Профиль ордовикского бассейна седиментации для этой части региона показан на рисунке 47. *Хотелось бы рекомендовать построить профили бассейнов и для других зон региона.*

Подраздел 4.4 посвящен анализу стратиграфического и палеогеографического распространения ордовикских фотосинтезирующих организмов. Данные, полученные соискателем при детальном изучении вещественного состава известняков, могут указывать на температуру, гидродинамический режим, формирование на твёрдом морском дне или на мягком субстрате, освещённость, насыщенность кислородом и солёность. Графическое отображение стратиграфического (Рисунок 48) и географического (Рисунок 49) распределения фотосинтезирующих организмов в ордовикских отложениях Горного Алтая явно свидетельствует в пользу их неравномерного пространственно-временного распространения. Распределение фотосинтезирующих организмов в ордовикских региональных стратиграфических подразделениях региона хорошо отображены на графических изображениях (рис. 48, 49) и в таблице 3. Установлена 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, а в центральной и западной части региона встречаются цианобактерии, однако есть и космополитные виды. Проведенные соискателем исследования показали, что фотосинтезирующие организмы в ордовикских палеобассейнах региона существовали в широком спектре обстановок от литорали до сублиторали. Осадконакопление карбонатных пачек в ордовикский период на территории Горного Алтая происходило в субобстановках внутренней части платформы, песчаных отмелей края платформы, рифовых, зарифовых и предрифовых зонах.

Замечания к главе 4.

Во-первых, на мой взгляд, название главы, неудачно. Альгокомплексы связаны с определенными обстановками осадконакопления, и именно последние определяют состав альгокомплексов, поэтому я рекомендовала бы название главы «Обстановки карбонатонакопления в ордовикских отложениях Горного Алтая и связанные с ними альгокомплексы».

Во-вторых, структура главы вызывает вопросы. Подраздел 4.1, содержащий методику исследований следовало бы выделить в отдельную главу и поместить в тексте диссертации после первой главы. Подраздел 4.2. «Микрофашии и комплексы фотосинтезирующих микроорганизмов», где идет речь о разрезах ордовикских отложений исследуемого региона, тоже рациональнее было бы выделить в самостоятельную главу. В автореферате в этом разделе соискатель приводит данные об ордовикских отложениях, комплексах фотосинтезирующих организмов для разных структурно-фашиальных зон региона. И, к сожалению, не включил в автореферат свои выводы, основанные на анализе распределения фотосинтезирующих организмов, об обстановках осадконакопления карбонатных пачек в это время, эти сведения есть в тексте диссертации.

В пятой главе проведено морфологическое описание цианобактерий, зеленых и красных водорослей и проблематики. Описание для каждой группы фотосинтезирующих организмов дано по двум подразделам, в первом приведена систематика, во втором палеонтологические описания таксонов. Монографически описаны 15 видов в составе 12 родов фотосинтезирующих организмов. 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. Монографическое описание фотосинтезирующих организмов имеет большое значения и является наиболее важной частью диссертационного исследования. Следует отметить, что в замечаниях при описании диагнозе рода автор приводит мнения разных исследователей о систематической принадлежности таксона. Фототаблицы выполнены с высоким качеством.

В Заключение работы содержатся выводы, полностью соответствующие поставленной цели, задачам и полученным результатам. Кроме того, автор определяет перспективы дальнейших исследований по выбранной теме, и связывает их с изучение одновозрастных аналогов терригенно-карбонатных и карбонатных последовательностей Алтае-Саянской складчатой области и сопредельных территорий (в первую очередь, Сибирской платформы), с определением возможности использования остатков фотосинтезирующих организмов и микрофашии для расчленения и корреляции палеозойских отложений других регионов России.

Таким образом, И.Г. Закирьяновым получены принципиально новые данные по слабо изученной группе органических остатков в разрезах ордовика Горного Алтая. Фотосинтезирующие организмы, отнесенные соискателем к цианобактериям, зеленым и красным водорослям и микропроблематике, установлены в 14 основных разрезах региона. Проведено монографическое описание большого числа важных для стратиграфии ордовика таксонов и оценена их роль для биостратиграфического расчленения отложений.

По диссертации можно высказать некоторые замечания редакционного характера. Некоторые предложения в тексте не согласованы, встречаются стилистические и орфографические ошибки (например, стр. 11 «выделил из мела Франции» и др., часто отсутствуют запятые, рисунок 49 «Географическое распределение» оказался перевернут «с ног на голову»).

Сделанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают ценности работы.

Диссертационная работа Ильи Газинуровича Закирьянова выполнена на актуальную тему на высоком современном научно-методическом уровне и представляет собой оригинальную научную сводку по биостратиграфии ордовикских отложений Горного Алтая, имеющую важное значение для решения вопросов, связанных с совершенствованием биостратиграфической основы для стратиграфической схемы ордовика региона, палеофациальных и палеогеографических реконструкциях. Выполненные исследования свидетельствуют о том, что их автор полностью владеет методикой стратиграфо-палеонтологических исследований и может самостоятельно решать широкий круг вопросов биостратиграфии, палеонтологии и региональной геологии. Автореферат диссертации отражает содержание защищаемых положений и вполне соответствует диссертационной работе.

Работа соответствует критериям, установленным в пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. 25.01.2024), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, ее автор Илья Газинурович Закирьянов заслуживает присвоения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 1.6.2 – Палеонтология и стратиграфия (науки о Земле).

Минина Ольга Романовна

Доктор геолого-минералогических наук

Заместитель директора по научной работе

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Геологический институт им. Н.Л. Дobreцова Сибирского отделения Российской академии наук

Адрес: 670037, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой; 6а

Интернет сайт организации: Web: geo.stbur.ru

Email: gin@ginst.ru

раб. тел.: +7(3012)43-30-24

Я, Минина Ольга Романовна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

« 14 » октября 2025 г.

/Минина О.Р./

