



УТВЕРЖДАЮ
Директор Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
«Институт геохимии им. А.П. Виноградова»
Сибирского отделения Российской
академии наук (ИГХ СО РАН)
д.г.-м.н. А.Б. Перепелов
30 ноября 2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт геохимии им. А.П. Виноградова» Сибирского отделения Российской академии наук (ИГХ СО РАН)

на диссертационную работу Ветровой Натальи Игоревны «Геохимия и C-, Sr – хемостратиграфия позднедокембрийских карбонатных отложений Сибирской платформы (хорбусуонская серия и дашкинская свита)», представленную на соискание учёной степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых.

Рецензируемая диссертационная работа Н.И. Ветровой состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы из 211 наименований. Общий объем работы составляет 166 машинописных страниц текста, включая 59 рисунков и 6 таблиц в Приложении.

Хемостратиграфические изотопные исследования немых карбонатных толщ неопротерозоя являются важным инструментом исследования геологической истории докембрия. Этот подход позволяет обоснованно проводить как региональные, так и глобальные геологические корреляции осадочных разрезов, содержащих карбонатные отложения. Кроме того, вариации изотопного состава карбонатных пород отражают глобальные тенденции изменения состава воды мирового океана во времени. Автором исследованы карбонатные отложения Сибирской платформы - хорбусуонская серия Оленекского поднятия и дашкинская свита ослянской серии Енисейского кряжа, что позволило восстановить в полном объеме историю эволюции изотопного состава Sr в палеоокеане для временного интервала 560-550 млн. лет. Именно этот интервал

времени слабо охарактеризован в мировой базе данных по изменению величины отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, что и определяет **актуальность** выполненного исследования.

Цель рецензируемой работы – установить изотопный состав Sr, O и C в наименее измененных позднедокембрийских карбонатных породах хорбусуонской и дашкинской свиты ослянской серий Сибирской платформы.

В связи с этим соискателем решались следующие **задачи**:

1. Оценить степень постседиментационных преобразований карбонатных отложений для обоснования сохранности Rb-Sr и C изотопных систем.

2. Изучить изотопный состав стронция и углерода в наименее измененных образцах карбонатных пород.

3. Сопоставить полученные Sr- и C-изотопные данные вышеуказанных отложений с хорошо изученными, геохронологически охарактеризованными типовыми разрезами мира, на основании которых построены стандартные кривые вариаций изотопного состава стронция и углерода в воде палеоокеана, и установить временной интервал их седиментации.

4. Установить изотопный состав Sr воды палеоокеана для возрастного интервала 560-550 млн лет.

Главные выводы диссертационной работы сформулированы в виде **трех защищаемых положений**, свидетельствующих о том, что задачи исследования, поставленные диссертантом, решены в полной мере. Результаты исследований отражены в **14 публикациях**, включая **три** публикации в рецензируемых изданиях, включенных в список ВАК.

В первой главе диссертационной работы дается краткий, но вполне достаточный очерк использованных в работе методов, который включает описание базовых принципов хеостратиграфии, характеристику применяемых автором аналитических методов исследования, обоснование необходимости использования в хеостратиграфических построениях данных высокоточного Sr-изотопного анализа карбонатов.

Вторая глава позволяет получить ясное представление об особенностях геологического строения докембрийских и раннепалеозойских отложений Оленекского поднятия. Показано, что накопление этих отложений с перерывами и размывами протекало в мелководных прибрежно-морских фациях. Вендский

комплекс Оленекского поднятия сложен породами хорбусуонской серии (маастахская, хатыспытская, туркутская свиты), которые образуют единый трансгрессивный цикл прибрежно-морских отложений. Маастахская свита начинается с кварцевых песчаников и гравелитов, которые сменяются грубыми, косослоистыми песчаниками. Верхняя часть свиты сложена преимущественно карбонатными отложениями, отлагавшимися в прибрежной зоне. Хатыспытская свита начинается с горизонта брекчированных глинистых известняков, которые залегают на строматолитовых доломитах маастахской свиты. Основная часть свиты сложена тонкослоистыми битуминозными известняками с горизонтами калькаренитов. Отложения свиты формировались в обстановках открытого шельфа. Анализ распространения эдиакарских палеосообществ в различных обстановках осадконакопления в сочетании с имеющимися геохронологическими данными показывает, что хатыспытская ассоциация может относиться либо к редкинскому, либо к беломорскому временному интервалу (580-559 и 559-550 млн лет, соответственно). Туркутская свита сложена преимущественно доломитами. Отложения свиты формировались в мелководном морском бассейне при нормальной и повышенной солености, о чем свидетельствуют горизонты кавернозных пород и брекчий выщелачивания.

В третьей главе рассмотрены результаты петрографического и геохимического изучения карбонатных пород хорбусуонской серии, позволившие выявить пробы, пригодные для изотопных исследований. Маастахская свита представлена чистыми доломитами ($Mg/Ca \sim 0.55$). В рамках изучения вопроса о степени постседиментационных изменений карбонатных отложений маастахской свиты Н.И. Ветровой проведено исследование состава карбонатных минералов на сканирующем микроскопе TESCAN MIRA 3LMU, показавшее, что повышенные концентрации Fe и Mn являются первичноосадочными, т.к. максимальные концентрации этих элементов обнаружены в центральных частях зерен, а в каймах и поровом пространстве их концентрации минимальны. Таким образом, карбонатные отложения маастахской свиты могут быть использованы в целях Sr-хемостратиграфии. Хатыспытская свита представлена переслаиванием известняков ($Mg/Ca \leq 0.1$), доломитистых известняков ($Mg/Ca \sim 0.2$) и мергелистых доломитов (доля доломита до 60%). Доля мергелей в этой последовательности постепенно возрастает к кровле свиты. Туркутская свита сложена доломитами ($Mg/Ca \sim 0.55$; доля

силикакластической примеси не более 2%) с крайне низким содержанием Sr (30-60 мкг/г) и Mn (40-90 мкг/г), содержание Fe достигает 270 мкг/г. Геохимические характеристики карбонатных отложений туркутской свиты указывают на их возможное постседиментационное изменение с нарушением первичной изотопной системы.

Результаты исследований вариаций изотопного состава C и Sr в карбонатах показали следующее.

Доломиты маастахской свиты характеризуется устойчивыми положительными значениями $\delta^{13}\text{CPDB}$ в интервале от +2.2 до +5.5‰. Данные по Sr изотопии ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} > 0.7080$) для этой свиты указывают на ее формирование в позднем неопротерозе (эдиакарии) в интервале 600-580 млн лет. Известняки хатыспытской свиты имеют весьма выдержанные значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ без отчетливых трендов их изменения по разрезу, что может указывать на относительно короткое время их накопления. Подобные значения этого отношения характерны для карбонатных отложений в разрезах с возрастом от 650 до 580 млн лет. Диссертантом показано, что совокупность данных по биостратиграфии и изотопии C в известняках хатыспытской свиты, дает возможность сопоставить полученные Sr-изотопные характеристики этих карбонатных отложений $\sim 0.7078-0.7081$ с показателями изотопного состава Sr в воде палеоокеана 560-550 млн лет назад. Полученные Sr-изотопные характеристики доломитов туркутской свиты, по мнению автора, не отвечают первичному изотопному составу Sr в среде карбонатакопления. При этом, истинные значения могут быть ниже или близкими к 0.70854.

В четвертой главе приведены геологические особенности строения позднедокембрийских осадочных комплексов южной части Енисейского кряжа Сибирской платформы. Среди них выделяется пять крупных осадочных последовательностей, отвечающих различным циклам седиментации в осадочных бассейнах этой краевой структуры платформы - раннепротерозойский, ранне-среднерифейский, верхнерифейский, ранневендский и верхневендско-раннекембрийский. Детально рассмотрено строение осянкой серии, являющейся предметом исследования. В составе этой серии выделяют нижнеангарскую, дашкинскую и чинеульскую свиты. Они представляют собой единый цикл осадкообразования, названный дашкинским, имеющий трансгрессивную направленность.

В пятой главе соискатель обсуждает результаты геохимических и изотопных исследований карбонатных пород дашкинской свиты осянковой серии. Геохимическое изучение 27 образцов карбонатов позволило выявить породы с наименее нарушенной изотопной системой, отражающей изотопный состав Sr среды седиментации. Диссертантом обосновывается, что, хотя образцы дашкинской свиты и не соответствуют критериям предложенным А.Б. Кузнецовым с соавторами (2003), при более детальном изучении установлено, что эти породы пригодны для целей Sr-изотопной хемотратиграфии. Сопоставление Sr-изотопных характеристик карбонатов дашкинской свиты с данными кривой вариации отношения $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ в палеоокеане показало, что полученные характеристики ($87\text{Sr}/86\text{Sr}$ отношение от 0.7056 до 0.7060) отвечают рифейскому временному интервалу - 1050-750 млн лет.

Подводя итог обсуждению содержания диссертационной работы следует подчеркнуть следующие важнейшие выводы, представляющие несомненный интерес для широкого круга геологов.

Отложения хатыспытской свиты хорбусуонской серии Оленекского поднятия имеют достоверно установленный интервал седиментации - 550-560 млн лет. Это позволило в рамках данного исследования пополнить стандартную кривую вариаций изотопного стронция в воде палеоокеана на этот временной интервал, так как до настоящего времени полной летописи геохимических и изотопных данных не было.

На основе данных Sr- и C- хемотратиграфии установлено, что накопление карбонатных отложений дашкинской свиты осянковой серии Енисейского кряжа проходило в рифее, вероятно, на рубеже 1 млрд лет, но не моложе 750 млн лет.

Отмечая несомненные достоинства рецензируемой диссертационной работы следует остановиться на некоторых ее недостатках, носящих в основном редакционный характер.

1. Поскольку в диссертации решается прежде всего геологическая задача, главой 2 стоило бы открывать смысловую часть работы, после чего остановиться на методических аспектах выполнения базовых аналитических исследований.
2. Стр. 1 и далее. Вызывает недоумение использование в работе с применением изотопно-геохимических методов исследования жаргонизма «изотопия».
3. Автором не совсем точно описывается геологическое положение изучаемых карбонатсодержащих свит – их принадлежность Сибирской платформе и Тувино-

Монгольскому микроконтиненту в целом. Существенно, что исследовались только их **чехлы**, а не все эти крупные образования.

4. В главе 1 на Рис. 1.6 и 1.7 в стратиграфических колонках не указывается временной интервал. Складывается впечатление, что нет ни одного определения возраста.
5. В главе 1 на Рис. 1.15 – определения возраста указаны, но не обозначены дополнения автора, которые в подписи отмечены.
6. В главах 3 и 5 приведены очень темные фотографии шлифов, которые читаются с большим трудом.
7. В главе 4 на Рис. 4.1 из-за близости цветов (гранитов и рифея) очень трудно читается карта, а на Рис. 4.3. нет обозначений изотопов.
8. В главе 5 главе кроме темных фотографий шлифов, неудачным следует признать Рис. 5.11, где приведено 13 спектров химического состава минералов. Названия минералов не указаны и обозначения элементов на спектрах крайне мелки и не читаются. Следовало бы дать состав в табличной форме.
9. В главе 5 на Рис. 5.17 сравниваются мировые литературные данные по вариациям изотопного состава Sr в водах мирового океана с результатами, полученными для карбонатных пород хатыспытской и дашкинской свит, но точки изотопных отношений, полученных автором, не вынесены на график. Область состава последних графически показана в виде «полосы» или интервала значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $\delta^{13}\text{C}$ во временном диапазоне от 450МА до 1100МА. Не видны конкретные достижения автора.
10. В то время, как структура диссертации выглядит довольно обоснованной и последовательной, в диссертации фактически отсутствует завершающая глава с общей интерпретацией полученных данных. Последнее вероятно затруднительно, поскольку для исследования выбраны комплексы двух диаметрально противоположных друг другу краевых областей Сибири. В тексте диссертации подобные корреляции отсутствуют. Заключение диссертационной работы дано очень кратко, даже без полученных наиболее достоверных значений отношений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в карбонатных породах изученного интервала времени. Представляется, что автор проявил излишнюю скромность в оценке собственной проделанной работы.

Сделанные частные замечания не влияют на общую положительную оценку проведенного исследования. Содержание работы изложено грамотным понятным языком. Защищаемые положения хорошо обоснованы. Достоверность полученных результатов обусловлена применением современных аналитических методов и подтверждена высокорейтинговыми публикациями и сообщениями на российских и зарубежных совещаниях.

Автореферат и опубликованные работы соответствуют содержанию диссертации и полностью раскрывают поставленную проблему.

Таким образом, рецензируемая работа «Геохимия и C-, Sr – хемостратиграфия позднедокембрийских карбонатных отложений Сибирской платформы (хорбусуонская серия и дашкинская свита)» вносит фундаментальный вклад в геологическую науку, представляя результат высокопрофессионального исследования, а ее автор **ВЕТРОВА Наталья Игоревна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – геохимия, геохимические методы поиска полезных ископаемых.

Главный научный сотрудник,
д.г.-м.н.

В.А. Макрыгина

Старший научный сотрудник,
К.г.-м.н.

С.Ю. Скузоватов

Отзыв рассмотрен и одобрен в качестве официального на заседании Ученого Совета Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (протокол № 10 от 30 ноября 2018 г.)



Подпись Макрыгина В.А., Скузоватов С.Ю.
ЗАВЕРЯЮ Горин Т.ед.
Зав. канцелярией Горин
ИГХ СО РАН