

## ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации **Крупенина Михаила Тихоновича:**  
«МАГНЕЗИАЛЬНО-ЖЕЛЕЗИСТЫЕ КАРБОНАТНЫЕ РУДЫ В РИФЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ  
БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ (ИСТОЧНИКИ ВЕЩЕСТВА, ЭТАПЫ И МЕХАНИЗМЫ  
ОБРАЗОВАНИЯ)»,

представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук  
по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых,  
минерагенция.

**Актуальность** проделанной работы, а также постановка проблемы исследований и практическая значимость работы хорошо изложены во введении, следуют из структуры (глав) диссертации и не вызывают сомнений.

**Об авторе.** Прежде чем приступить к обсуждению самой диссертации, следует отметить, что Михаил Тихонович Крупенин хорошо известен широкой научной общественности, принимал активное участие во многих российских и международных научных конференциях и совещаниях, где выступал с многочисленными докладами.

М.Т. Крупенин является одним из ведущих специалистов в нашей стране в области геологии и геохимии рифейских отложений Башкирского антиклинория, месторождений сидеритов и магнезитов, пользуется огромным уважением и авторитетом у коллег; имеет огромный опыт геологических полевых и камеральных работ. Его научные работы широко известны, печатаются в авторитетных иностранных и российских журналах, входящих в перечень ВАКа. М.Т. Крупенин имеет широкий кругозор геологических знаний, хорошо владеет методиками геологических, геохимических (в том числе и изотопно-геохимических – изотопный состав углерода, кислорода и серы, методы радиогенного датирования возраста горных пород) и минералогических исследований, которые подтверждаются тематикой его научных публикаций; это отражено в списке цитируемой литературы представленной диссертации. По сути дела, качество и научная значимость публикаций М.Т. Крупенина уже давно соответствуют уровню доктора геолого-минералогических наук.

**О диссертации.** Диссертация состоит из двух томов: первый том включает Введение, пять глав и Заключение; занимает 467 страниц текста, включая рисунки (207 рисунков) и обширный список литературы (643 наименования, занимают более 52-х страниц). Во втором томе (Приложение) приведены таблицы (68 таблиц).

В главе 1: «КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК ИСТОРИИ ПРИУРАЛЬСКОЙ НАДРИФТОВОЙ ВПАДИНЫ» в достаточно полном объеме приведены стратиграфия, геология и магматизм верхнего докембрия Приуральской надрифтовой впадины.

В конце главы приведен раздел, посвященный эволюции Приуральской надрифтовой впадины в рифее (палеоструктура, палеотектоника палеогеография). Всё перечисленное выше позволяет судить о большой геологической эрудиции М.Т. Крупенина, и об огромной и кропотливой проведенной исследовательской работе.

Следует отметить, что большинство графических построений (геологические карты, разрезы, схемы корреляции разрезов и пр.) выполнены самим диссертантом или с его участием (дополнения, изменения).

В главе 2: «ПРИЗНАКИ ЭВАПОРИТОВОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ В ПРИУРАЛЬСКОМ НАДРИФТОВОМ БАССЕЙНЕ» достаточно подробно рассмотрены примеры распространения эвапоритов в докембрийских породах в разных странах мира, детально рассмотрены литологические, минералогические и геохимические признаки эвапоритовой седиментации в типовом разрезе рифея Приуральской впадины, а также условия осадконакопления при формировании сульфатов и доломитов в рифее (саткинская, бакальская и авзанская свиты). Рассмотренные примеры позволяют предполагать существование эпизодов эвапоритовой седиментации в осадочных бассейнах раннего и среднего рифея. Образованные в седиментогенезе рассолы, в силу высокой плотности, заполняли нижние горизонты палеогидрогеологических бассейнов того времени и могли существенно влиять на ход постседиментационных процессов в рифейских отложениях.

Глава 3: «ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ТИПОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРБОНАТНЫХ РУД В БАШКИРСКОМ МЕГАНТИКЛИНОРИИ» посвящена описанию геологического строения главных месторождений кристаллического магнезита (МКМ) южно-Уральской провинции (Саткинская, Бакальская, Сюрюньзаянская, Белорецкая, Златоустовская и Кужинская группы). Здесь приведены детальная химическая (включая редкоземельные элементы) и геолого-минералогическая характеристики слагающих пород, выделены этапы формирования пород месторождений. Убедительно показано широкое развитие метасоматических процессов (магнезиально-железистого метасоматоза) в формировании залежей анкеритов, сидеритов, доломитов и других карбонатных минералов в пределах изученных месторождений.

Глава 4: «МОДЕЛИ ОБРАЗОВАНИЯ СТРАТИФОРМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ Mg-Fe МЕТАСОМАТИТОВ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИИ И ИХ МЕСТО СРЕДИ СООТВЕТСТВУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ ИЗ ДРУГИХ РЕГИОНОВ МИРА» посвящена описанию существующих моделей формирования месторождений кристаллического магнезита и Mg-Fe карбонатов, приведена типизация месторождений кристаллических магнезитов (МКМ) Южно-Уральской провинции; глава занимает наибольший объем рукописи (181 страница текста).

Диссертантом по ряду геологических и морфологических признаков (по стратиграфическому размещению, по форме рудных *тел* и характеру контактов, по кристаллическим структурам) проведена типизация месторождений (выделено две группы). Большое внимание уделено также и изучению флюидных включений, показавших их рассольную природу.

Полученные новые геолого-геохимические данные позволили диссертанту предложить собственную модель формирования МКМ Южно-Уральской провинции, в которой рассмотрены пути миграции и свойства эвапоритовых рассолов в литогенезе, основные физико-химические условия образования магнезита. Приведены модели формирования Саткинских магнезитовых месторождений (рис. 4.30) и Исмакаевского МКМ (рис. 4.31), модель термально-рассольного рудообразования в Приуральской надрифтовой впадине на предзильмердакском этапе (рис. 4.57). Также приведено сравнительное описание МКМ мира (гл. 4.1.18).

Выделенные пять геолого-промышленных типов сидеритов (стр. 434): (1) седименто-диагенетический гетит-лептохлорит-сидеритовый, 2) диагенетический конкреционный сидеритовый в терригенно-глинистых и угленосных толщах, 3) диагенетическо-метасоматический сидеритовый, 4) сидеритовый гипергенный в зоне цементации инфильтрационных месторождений бурого железняка и 5) гидротермально-метасоматический сидеритовый (сидероплезитовый), по своей сути представляют собой **генетические** типы! (Вопросы промышленной переработки изученных руд в диссертации не рассматриваются).

В этой главе диссертантом также приведена Rb-Sr, Sm-Nd и U-Pb систематика карбонатных пород МКМ (источник вещества и возраст). Полученные данные представительны; интерпретация проведена на высоком профессиональном уровне и не вызывает возражений.

Глава 5: «ГЕОЛОГО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ВОСТОЧНОЙ ОКРАИНЫ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В ВЕРХНЕМ ДОКЕМБРИИ И ФАКТОРЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ РУДНЫХ Mg-Fe КАРБОНАТНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ» является обобщающей. В ней в достаточном объеме рассмотрены геодинамические этапы развития Приуральской надрифтовой впадины и факторы рудообразования в терригенно-карбонатных толщах нижнего и среднего рифея; также определены «прогнозные критерии поиска месторождений Mg-Fe метасоматических карбонатных руд».

Заключение написано в достаточном объеме; перечислены основные результаты научных исследований, что позволяет судить о важности проделанной работы и полученных научных выводов, имеющих также большое практическое значение.

### Основные замечания и комментарии.

Возникшие у оппонента замечания можно отнести к разряду «второстепенных». Не останавливаясь на конкретных «мелких» замечаниях редакционного характера к тексту и рисункам, необходимо все же остановиться на некоторых примерах некорректного использования терминов, касающихся изотопных данных (первая группа замечаний). В частности, фраза «тренды изменений отношений изотопов» (стр. 306, 310) требует своей редакции, поскольку в диссертации представлены не «отношения изотопов» (*в 50-х – 60-х г.г. данные изотопных исследований действительно представляли в виде отношений изотопов, например  $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ , и др.*), а величины изотопного состава, выраженные в относительных единицах (*относительно принятых стандартов*) «дельта».

В качестве замечания следует остановиться на подрисуночной подписи к рисунку 4.17: «Распределение стабильных изотопов в различных типах пород Саткинского месторождения», которая требует редакции. На этом рисунке показано распределение величин  $\delta^{18}\text{O}$  относительно  $\delta^{13}\text{C}$  в изученных карбонатах, но никак не «распределение стабильных изотопов ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{18}\text{O}$ ,  $^{16}\text{O}$ )! Это же замечание относится и к подписям к рисункам 4.18 - 4.21.

Следует также обратить внимание на использование терминов «термальное фракционирование» (стр. 110) и «эпигенетическое фракционирование изотопов кислорода» (стр. 415), суть которых в общем виде хотя и объясняется в тексте диссертации, но нуждаются в более детальном пояснении.

Второе общее замечание (группа замечаний) касается использования терминов, относящихся как к седиментогенезу, так и к разным стадиям литогенеза: «ранний диагенез», «диагенез» (стр. 70, 119, 293, 457 и др.), «ранний катагенез», «катагенез» и «поздний катагенез» (стр. 119-120, 295, 302, 303 и др.) и «эпигенез» (стр. 229, 278, 295, 310 и др.). Эти термины широко используются в отечественной научной литературе, посвященной изучению осадочных толщ; разные исследователи (Коссовская, 1957; Македонов, Зарицкий, 1973, 1977; Страхов, 1992, 1995; и др.) часто вкладывают разную смысловую нагрузку в эти термины. Поэтому диссертанту, как я полагаю, необходимо было в диссертации привести специальный раздел (или главу), где было бы изложено понимание диссертантом этих терминов, с особым акцентом на «ранний диагенез» и «диагенез»; «ранний катагенез» и «поздний катагенез».

Следовало бы также пояснить понимание диссертантом терминов: «диагенетические брекчии» (стр. 74), «элизионный катагенез при метасоматозе» (стр. 329), «катагенетическое окисление ОВ» (стр. 407), «катагенетический породный бассейн» (стр. 455).

Таким образом, приведенная диссертантом нормализация изученных пород исходно осадочной природы к хондритовому стандарту во многих случаях «завуалировала» влияние магматического источника растворов, участвовавших в процессе метасоматического образования карбонатных пород (в том числе и рудных) месторождений.

Замечания к таблицам (том 2): таблицы данных химических анализов выполнены в разных «форматах»; во многих случаях не приведены единицы концентраций (мас.%, г/т, ppm...).

**О защищаемых положениях.** Все защищаемые положения обоснованы и не вызывают возражений!

**Заключение.** Детальное ознакомление с диссертацией Крупенина М.Т. позволяет заключить, что:

- работа написана на огромном собственном фактическом материале, добытого самим автором на протяжении более тридцати лет исследований во время научно-производственных (договорных) и тематических работ на месторождениях Предуралья. Автором задокументированы и изучены многие десятки горных выработок, природных и искусственных обнажений; в работе использованы тысячи разных химических (термические, дифрактометрические, химические силикатные и спектральные полуколичественные и др., в том числе полученные и методом ICP-MS) и изотопных (углерод, кислород, водород, сера; радиогенные изотопы: U-Pb-, Sm-Nd –методы) анализов.

- приведен обширный как собственный фактический материал, так и заимствованный из мировой научной литературе; во многих случаях существенно превышает необходимый объем, предъявляемым к диссертационным работам;

- диссертационная работа представляет собой фундаментальный труд, внесший огромный вклад в понимание метасоматических процессов формирования магнезитов и сидеритов не только Башкирского антиклинория, но и многих зарубежных стран. Показано, что источником растворов при образовании магнезитов и сидеритов явились захороненные эвапоритовые рассолы.

- работа написана хорошим научным языком.

Высказанные мною замечания, в целом носят рекомендательный характер, относятся к геохимии пород и руд, и не влияют на высокое качество самой диссертации.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что диссертация М.Т. Крупенина отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям; содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, а

В качестве замечания редакционного характера следует остановиться также на использовании термина «возраст диагенеза» (стр. 22, 24, 465 и др.). По всей видимости необходимо было написать – «возраст аутигенных минералов (карбонатов...), которые были образованы в условиях диагенеза (раннего, позднего)».

Третье замечание касается использования стандарта редкоземельных элементов (РЗЭ), по которому проводится нормирование (нормализация) собственных данных. Диссертантом в качестве такого стандарта использован хондрит (C1 [Anders, Grevesse, 1989]) (на стр.160, раздел 3.1.1., диссертантом приводится обоснование использования выбранного стандарта).

Применение хондритового стандарта - достаточно широкая практика при изучении вулканогенных пород; часто используется также и для нормализации данных состава РЗЭ в осадочных породах. Т.е. в случае использования хондритового стандарта (каменный метеорит) данные химического состава для исходных заведомо осадочных пород, изученных диссертантом, сравниваются (нормализуются) с космическим веществом.

По моему мнению, более правильным было бы проводить нормализацию по сланцам – северо-американскому (NASC) [Cromet et al., 1984] или австралийскому (PAAS) [McLennan, 1989] стандартам. Именно эти два стандарта, за крайне редкими исключениями, широко используются в мировой научной литературе при изучении осадочных пород.

Дело в том, что использование хондритового стандарта, в силу особенностей распределения в нем концентраций европия и соседних элементов (самарий и гадолиний) могут привести к «потере» положительных европиевых аномалий в осадочных породах, которые при нормировании к стандартам NASC или PAAS являются критерием глубинного (гидротермального, магматического) источника европия (Sverjenski, 1984; Bau, 1991; Mills, Elderfield, 1995; James et al., 1995; Bau, Dulski, 1999; German et al., 1990, 2002; Douville et al., 1999, 2002; Dubinin, 2006; Craddock et al., 2010; Josso et al., 2017).

Высказанное замечание хорошо проиллюстрировано и самим диссертантом на рисунке 3.24 (стр. 161). Здесь приведено сравнение (нормализация) полученных данных для групп карбонатов Саткинского месторождения: если на спайдер-диаграмме при нормализации к хондриту отмечается отчетливая отрицательная аномалия по европию, то на соответствующей диаграмме при нормализации к стандарту PAAS отрицательная аномалия по европию отсутствует. Более того, отмечается незначительная положительная европиевая аномалия для проб из центра гнезд, которая может свидетельствовать об участии растворов, связанных с магматическим источником.

*Крупенин Михаил Тихонович достоин присуждения ему ученой степени доктора  
геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – Геология, поиски и разведка  
твердых полезных ископаемых, минерагения.*

Федеральное государственное бюджетное  
Ордена Трудового Красного Знамени Геологический институт РАН,  
главный научный сотрудник, д.г.-м.н.



/В. Н. Кулешов/

10 апреля 2025 года

Я, Кулешов Владимир Николаевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Адрес: 119017 Москва, Ж-17, Пыжевский пер., д. 7, стр. 1. Геологический институт РАН.

E-mail: [vnkuleshov@mail.ru](mailto:vnkuleshov@mail.ru)

Подпись т. *Кулешов В.Н.*  
УДОСТОВЕРЯЕТСЯ  
КАНЦЕЛЯРИЯ  
Геологического ин-та  
Российской Академии наук

*В. В. Букашкин*

10. 04. 2025

