

ОТЗЫВ

на диссертационную работу Зеленского Михаила Евгеньевича
**«Редокс-условия как фактор рудоносности, метасоматоза и фракционирования
элементов в мантии и надсубдукционных магмах»**

представленную на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук
по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические
методы поисков полезных ископаемых

В предлагаемой работе изложена совокупность разработанных соискателем теоретических положений, которую можно классифицировать как научное достижение, направленное на установление механизмов редокс-метасоматических преобразований мантийных перидотитов и закономерностей перераспределения серы, никеля, меди, золота и элементов платиновой группы (ЭПГ, PGE) в условиях надсубдукционной мантии и связанных с ней магматических систем.

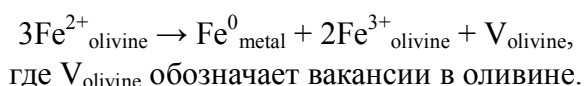
Актуальность исследования обусловлена изучением зон современной субдукции на примере вулканов Камчатки и Курильской гряды, в которых происходит взаимодействие астеносферной мантии с веществом субдуцирующей океанической плиты, сопровождаемое отделением флюидов и расплавов, вызывающих как метасоматические преобразования мантийных перидотитов, так и способствующих генерации надсубдукционных магм. Это взаимодействие рассмотрено под углом изучения окислительно-восстановительных (редокс-) процессов. Редокс-процессы являются одним из важнейших факторов, контролирующих перераспределение S, Ni, Cu, Au и PGE в мантийных и магматических системах. Решение этих вопросов имеет принципиальное значение для понимания эволюции вещества в зонах субдукции и механизмов формирования магматических сульфидных и порфировых рудных систем, чем определяется также **научная и практическая составляющие настоящей диссертации**. В частности, показано, что образование сульфатных минералов в подобных условиях связано с воздействием окисленных флюидов и расплавов, поступающих от субдуцирующей плиты, уточнены механизмы взаимодействия в системе «оливин-водный флюид» при высоких температурах, впервые показано эффективное перераспределение никеля из тугоплавкого оливина в легкоплавкие сульфидные фазы и изучены особенности сульфидной ликвации в примитивных надсубдукционных магмах. Установленная зависимость распределения ЭПГ между хромшпинелью, сульфидными расплавами и собственными минеральными фазами от фугитивности кислорода и серы может быть использована для оценки потенциальной рудоносности мафит-ультрамафитовых комплексов и связанных с ними магматических систем. Выявленный парагенезис высокомагнезиального оливина и магнезиального магнетита может служить индикатором высокотемпературных редокс-процессов, сопровождающих перераспределение серы и формирование сульфидной минерализации в ультраосновных породах. Полученные результаты также имеют фундаментальное значение для понимания глобального цикла серы и роли субдукционных зон в перераспределении окисленной серы между поверхностными и глубинными оболочками Земли.

Экспериментальные работы проводились в Институте Экспериментальной Минералогии Российской Академии Наук, а аналитические исследования выполнены с использованием оборудования ведущих российских и ряда международных аналитических центров.

В диссертации объемом 259 страниц, включающих 98 рисунков, 43 таблицы и список литературы из 348 наименований изложено обоснование пяти защищаемых положений. Автореферат объемом 40 страниц полностью соответствует содержанию диссертации и отражает вклад соискателя в решение столь крупной научной проблемы.

Замечания, имеющие характер рекомендаций:

1. В Защищаемом положении 1 утверждается, «что взаимодействие мантийного перидотита с водным флюидом при температурах выше области устойчивости серпентина сопровождается высокотемпературным окислением Fe^{2+} оливина до Fe^{3+} с образованием высокомагнезиального оливина, магнезиального магнетита и генерацией H_2 , что представляет собой важный редокс-механизм мантийного метасоматоза...». Однако окисление железа в оливине может протекать и по иной реакции диспропорционирования:



Подобная реакция диспропорционирования предложена для включений шпинелидов в коричневых оливинах метеоритов, испытавших шоковый метаморфизм (Van de Moortèle et al., 2007; Takenouchi et al., 2017), и в оливинах окисленных шлаков вулкана Касаяма (Kasayama, Япония), содержащих сходный набор оксидов железа (магнетит, магнезиоферрит, гематит), хотя и в несколько иной, симплектитовой форме их выделений (Ejima et al., 2017). При рассмотрении такой реакции диспропорционирования нет необходимости в существовании системы, открытой для диффузии водорода; либо можно предполагать комбинацию нескольких реакций. Надо также отметить, что в природе был найден и изучен «серый оливин» (стр. 23), тогда как в эксперименте был получен коричневый оливин (рис. 1.10А, стр. 32).

2. На рис. 3А автореферата (см. также рис. 1.5А диссертации, стр. 22) показаны поля составов природных и экспериментальных шпинелидов на сводной диаграмме Барнса и Рёдера (Barns and Roeder, 2001, fig. 1c; трансформирован). Выделяемый в работе этих авторов «кимберлитовый тренд» описан в диссертации М.Е. Зеленского лишь одной фразой (стр. 23); впрочем, и в цитированной работе этому же тренду уделено всего десять строк. Однако в следующей работе одного из авторов, посвященной шпинелидам основной массы кимберлитов, кимберлитовый тренд рассмотрен весьма подробно (Roeder and Schulze, 2008, см. например, fig. 1, fig. 17b). Описание в этой публикации тренда 1 показалось примечательным и имеющим некоторое отношение к диссертационной работе: «Основная тенденция зональности, Тренд 1, от хромита до магнезио-ульвошпинели к магнетиту... уникальна для шпинели в кимберлитах, карбонатитах и лампрофирах. Мы предполагаем, что на эту, несколько окисленную и более магнезиальную тенденцию повлияло высокое содержание карбоната кимберлитов группы I и быстрая кристаллизация минералов в ходе эволюции летучих веществ» (аннотация цитируемой работы Рёдера и Шульца, 2008). Представляется, что дальнейшее изучение этого «кимберлитового тренда», выявленного в шпинелидах вулканов Камчатки и Курильских островов, могло бы дать весьма интересные результаты.
3. В разделе автореферата «Научная новизна работы» (стр. 6) указано, что «впервые достоверно установлено присутствие значительных количеств сульфатных минералов (ангидрита, барита и щелочных сульфатов) в мантийных ксенолитах надсубдукционной мантии», однако ни в автореферате, ни в диссертации не

приведены прямые доказательства формирования щелочных сульфатов, а показаны лишь сведения о формировании ангидрита, барита и более позднего гипса.

4. По мнению автора отзыва, пузырьковая диаграмма на рисунке 15 автореферата (и аналогичный рис. 5.9 на стр. 192 диссертации) составлена несколько неудачно. В качестве масштаба предложены три пузырька с площадью, соответствующей концентрации элементов в 1, 10 и 100 г/т (ppm), однако на графике площадь пузырьков варьирует существенно, вплоть до едва различимых точек, по которым практически невозможно установить концентрации элементов. Если в качестве масштаба предложены три уровня концентраций элементов, то разумнее было бы показать их интервальные оценки, например: менее 1 г/т, 1 – до 10, 10 – 100 и больше 100 г/т, тогда бы площади всех пузырьков (концентрации) были бы сведены в четыре группы, что могло бы сделать этот график более «читаемым». Наконец, вместо использования таких халькофильных элементов, как кадмий и цинк, можно было бы показать медь и никель (или железо), чтобы увидеть распределение ЭПГ и золота относительно моносulfидного или промежуточного твердого раствора (MSS или ISS, соответственно).

Несмотря на высказанные выше замечания, автор отзыва убежден, что **диссертация М.Е. Зеленского «Редокс-условия как фактор рудоносности, метасоматоза и фракционирования элементов в мантии и надсубдукционных магмах»**, представленная на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых **полностью соответствует критериям**, указанным в Постановлении Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней» (с учетом изменений и дополнений), а её автор, **ЗЕЛЕНСКИЙ Михаил Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени доктора геолого-минералогических наук** по специальности 1.6.4 – Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические методы поисков полезных ископаемых.

Полозов Александр Георгиевич

Кандидат геолого-минералогических наук

Старший научный сотрудник

Лаборатория геохимии

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии

Российской Академии наук (ИГЕМ РАН)

119017 г. Москва, Старомонетный пер., д. 35

Сайт: igem.ru

e-mail: a.g.pozozov@mail.ru

телефон: +7-916-6678285

Я, *Полозов Александр Георгиевич*, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.053.01, и их дальнейшую обработку.

«06» октября 2026 г.

Полозов А.Г.
Подпись руки Полозова А.Г.
Удостоверяется.
Заведующий канцелярией Федерального государственного
научного учреждения «Институт геологии рудных
месторождений, петрографии, минералогии и геохимии
Российской Академии наук МИОБРАНКИ России»