

УДК 553+552+548/549+550.4+550.3+502/504+550.93

ББК 26.3

Н 74

Новое в познании процессов рудообразования: Восьмая Российская молодёжная научно-практическая Школа, Москва, 26-30 ноября 2018 г. Сборник материалов - Электрон. дан. (1 файл: 45 Мб) - М.: ИГЕМ РАН, 2018.

В сборнике представлены материалы Восьмой Российской молодежной научно-практической Школы «Новое в познании процессов рудообразования». Пленарные лекции и доклады посвящены изучению различных вопросов геологии, минералогии и геохимии рудных месторождений, а также вопросам геоэкологии. Задача Восьмой Школы – знакомство студентов, аспирантов и молодых специалистов с новейшими достижениями в изучении процессов рудообразования.

Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ).

Редакторы: В.А. Петров, Е.Е. Амплиева, С.А. Устинов, Е.В. Ковальчук

УДК 553+552+548/549+550.4+550.3+502/504+550.93

ББК 26.3

Н 74

ISBN 978-5-88918-053-1

© Коллектив авторов, 2018  
© ИГЕМ РАН, 2018  
© СМУиС ИГЕМ РАН, 2018

## $^{190}\text{Pt} - ^4\text{He}$ возраст сперрилита из зоны гипергенеза сульфидных руд Мончегорского расслоенного интрузива

Еременко Е.Г.<sup>1</sup>, Якубович О.В.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>СПбГУ, г. Санкт-Петербург, [st013196@student.spbu.ru](mailto:st013196@student.spbu.ru)

<sup>2</sup>ИГГД РАН, г. Санкт-Петербург, [olya.v.yakubovich@gmail.com](mailto:olya.v.yakubovich@gmail.com)

Среди многих формационных типов месторождений платиновых металлов широким распространением пользуются сульфоарсениды Pt, в частности, сперрилит ( $\text{PtAs}_2$ ). Этот минерал устойчив к процессам выветривания, что приводит к его накоплению в россыпях. Коренной источник россыпепроявлений минералов платиновой группы не всегда удается идентифицировать.

Сперрилит обладает высокой сохранностью радиогенного гелия (Якубович и др., 2015), следовательно, существует принципиальная возможность определить возраст платиноносных пород  $^{190}\text{Pt} - ^4\text{He}$  методом (Шуколюков и др., 2012). Однако, чтобы убедиться в правомерности такого подхода необходимо проверить не перезапускается ли  $^{190}\text{Pt} - ^4\text{He}$  изотопная система в сперрилите в процессе гипергенеза, который наиболее ярко проявлен в зоне окисления массивных сульфидных руд.

В качестве объекта исследований были выбраны руды Мончегорского плутона. В ходе изучения платинометалльной минерализации в зоне гипергенеза жильных сульфидных руд и руд донной залежи массивов Ниттис-Кумужья-Травяная методами энергодисперсионного микроанализа было выделено две основных группы минералов: первичные магматические минералы, в том числе и их реликты и гипергенные кислородные Pd-Pt соединения (Еременко, Петров, 2017). Одним из самых распространенных минералов в группе первичных был минерал сперрилит, который представляет собой идиоморфные кристаллы размером до 300 мкм.

С целью доказательства устойчивости радиогенного  $^4\text{He}$  в сперрилите под влиянием гипергенных процессов было произведено определение возраста минералов  $^{190}\text{Pt} - ^4\text{He}$  методом прямого изотопного датирования (Шуколюков и др., 2012). Данный метод применяется впервые для сперрилита раннепротерозойского возраста, а опубликованные работы по сперрилиту (Якубович и др., 2015) посвящены месторождению Кондер, с возрастом  $122 \pm 6$  млн лет и месторождению Октябрьское,  $242 \pm 12$  млн лет. Методика работ: изучение минералов платиновой группы производилось по отполированным кассетам (на основе эпоксидной смолы) с тяжелым концентратом руд. Кассеты изучались посредством электронной микроскопии на настольном растровом электронном микроскопе-микроанализаторе HITACHI TM 3000. После чего, выбранные зерна извлекались из шайб, взвешивались на весах Sartorius ME 36S, заворачивались в танталовую фольгу и погружались в газовый масс-спектрометрический комплекс МСУ-Г-01М для определения концентрации радиогенного  $^4\text{He}$ .

Ввиду кропотливости пробоподготовки и малого размера доминирующего количества зерен, на данном этапе исследования были получены результаты лишь по одному зерну сперрилита. Содержание платины в изученном зерне  $\sim 56$  вес. %, его размер  $\sim 300$  мкм, вес  $0,071 \pm 0,004$  мг. Измеренное количество радиогенного гелия в сперрилите составляет  $2,01 \times 10^{-6} \text{ см}^3$ , при уровне фона (холостой опыт по танталовой фольге)  $1,44 \times 10^{-7} \text{ см}^3$ .

Ввиду маленького размера зерна при расчете  $^{190}\text{Pt} - ^4\text{He}$  возраста были введены поправки на имплантированную и эджектированную компоненты.

Поправка на эджектированную компоненту вводилась по формуле (Farley et al., 1996):

$$P_{\text{eject}} = \pi \left( \lambda R^2 - \frac{1}{12} \lambda^3 \right) \rho_{\text{sp}} P_{4\text{He}}$$

где  $\rho_{sp}$  – плотность зерна сперрилита (10,58 г/см<sup>3</sup>) (Mineralogical database, 2018);  $P_{4He}$  – количество атомов гелия образующегося в граммe сперрилита в год (г/год);  $\lambda$  – длина пробега образованного атома <sup>4</sup>He в этом минерале в см. Энергия  $\alpha$ -распада <sup>190</sup>Pt – 3,18 ± 0,02 МэВ (Siivola, 1966). Используя программное обеспечение SRIM (Ziegler et al., 2010) мы рассчитали, что пробег  $\alpha$ -частицы в сперрилите составляет 6,7 мкм. Радиус зерна рассчитывался исходя из его массы и плотности, форма аппроксимировалась сферой. Рассчитанная доля эджектированного <sup>4</sup>He в изученном зерне составляет ~4,1 %.

Поправка на имплантированную компоненту вводилась по формуле (Farley et al., 1996):

$$P_{impl} = \pi \left( \lambda R^2 - \frac{1}{12} \lambda^3 \right) \rho_h P_{4He}$$

где  $\rho_h$  – плотность вмещающих пород (г/см<sup>3</sup>);  $P_{4He}$  – количество атомов гелия образующегося в граммe вмещающей породы в год (г/год);  $\lambda$  – длина пробега образованного атома <sup>4</sup>He в породе. Ввиду отсутствия данных по содержанию урана во вмещающих сперрилит сульфидных рудах, мы приняли концентрацию урана равной 70 нг/г (Th/U = 6), что соответствует измеренной концентрации этих элементов в пироксенитах из верхнего горизонта Мончегорского плутона (массивы Нюд-Поаз) (Prigachkin et al., 2015). Рассчитанная доля имплантированного <sup>4</sup>He в этом случае составляет ~16%. При этих расчетах плотность руд принималась равной 4,4 г/см<sup>3</sup>, состав 50 % пирротин и 50 % халькопирит. Если принять концентрацию урана во вмещающей сперрилит породе близкой к мантийной (20 нг/г), то доля имплантированного гелия составит 4 %.

С учетом поправок на имплантированную и эджектированную компоненты <sup>190</sup>Pt – <sup>4</sup>He возраст сперрилита из зоны гипергенеза Мончегорского массива составляет 2010 ± 200 млн. лет. При этом значение возраста очень чувствительно к концентрации урана во вмещающей породе, так, для мантийных концентраций урана <sup>190</sup>Pt – <sup>4</sup>He возраст сперрилита 2285 ± 230 млн лет. Большая ошибка определения возраста (10 % отн.) связана с небольшим весом зерна (неточность определения массы).

В пределах ошибки измерения <sup>190</sup>Pt – <sup>4</sup>He возраст сперрилита близок к U-Pb возрасту становления массива, который варьирует в пределах 2507 ± 9 – 2493 ± 7 млн лет (Чашин и др., 2016). Это подтверждает высокую сохранность радиогенного <sup>4</sup>He в сперрилите даже в течение миллиардов лет, и то, что современные гипергенные процессы полностью не перезапускают <sup>190</sup>Pt – <sup>4</sup>He изотопную систему. А значит, основываясь на возрасте сперрилита из россыпепроявлений можно судить о времени формирования платиноносных пород. Важным следствием из этой работы является также то, что значение <sup>190</sup>Pt – <sup>4</sup>He возраста рассчитанное для небольших зерен сперрилита очень чувствительно к концентрации урана во вмещающей породе. Решением этой проблемы, возможно, является механическое удаление внешней каймы (~12 мкм), обогащенной избыточным <sup>4</sup>He, по аналогии с тем, как это делается при U-Th-He датировании апатита. А в случае, если это невозможно необходимо определять содержание урана и тория во вмещающей породе.

Для того чтобы ответить на вопрос о возможности <sup>190</sup>Pt – <sup>4</sup>He датирования по сперрилиту платиновой минерализации в раннепротерозойских массивах требуется провести дополнительные исследования.

Изготовление кассет на основе эпоксидной смолы производилось в лаборатории пробоподготовки и пробообработки ЦТСОП, СПбГУ. Исследования методами электронной микроскопии производились в ресурсном центре микроскопии и микроанализа (РЦММ) СПбГУ. Изотопный анализ МПГ на газовом масс-спектрометрическом комплексе производился в ИГГД РАН.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-35-00152.*

Еременко Е.Г., Петров С.В.: О формах нахождения элементов платиновой группы в зоне гипергенеза жильных сульфидных руд (массив Ниттис, Мончегорский плутон) // Тезисы V Международной конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А. П. Карпинского. СПб: ВСЕГЕИ. 2017. С. 245–247

Чашин В.В., Баянова Т.Б., Митрофанов Ф.П., Серов П.А.: Малосульфидные платинометалльные руды палеопротерозойского Мончегорского плутона и массивов его южного обрамления (Кольский полуостров, Россия): геологическая характеристика и изотопно-геохронологические свидетельства полихронности рудно-магматических систем // Геология рудных месторождений. 2016. Т. 58 (1). С. 41–63

- Шуколюков Ю. А., Якубович О. В., Мочалов А.Г., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Яковлева С.З., Корнеев С.И., Гороховский Б.М.: Новый изотопный геохронометр для прямого датирования самородных минералов ( $^{190}\text{Pt}$ – $^4\text{He}$  метод) // *Петрология*. 2012. Т. 20. №6. С. 545–559.
- Якубович О.В., Мочалов А.Г., Служеникин С.Ф.: Сперрилит( $\text{PtAs}_2$ ) как  $^{190}\text{Pt}$ – $^4\text{He}$  геохронометр // *Доклады академии наук*. 2015. Т. 462. №1. С. 1–4
- Farley K.A., Wolf R.A., Silver L.T. The effects of long alpha-stopping distances on (U-Th)/He ages // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1996. Т. 60. № 21. С. 4223–4229. Mineralogical database. 2018. <https://www.mindat.org/min-3723.html>
- Pripachkin P., Rundkvist T., Miroshnikova Ya., Chernyavsky A., Borisenko E.: Geological structure and ore mineralization of the South Sopchinsky and Gabbro-10 massifs and the Moroshkovoe Lake target, Monchegorsk area, Kola Peninsula, Russia // *Min. Depos.* 2016. Т.51. №8. С. 973-992.
- Siivola A.: Alpha active platinum isotopes. California: Lawrence Radiation Laboratory Berkeley, 1966. 35 с.
- Ziegler J.F., Ziegler M.D., Biersack J.P.: SRIM – The stopping and range of ions in matter // *Nucl. Inst. Methods Phys. Res. B*. 2010. Т. 268. № 11–12. С. 1818–1823.