ЛИТОСФЕРА, 2011, № 6, с. 141–145

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 550.93+553.83

Rb-Sr СИСТЕМАТИКА БЕРИЛЛСОДЕРЖАЩИХ СЛЮДИТОВ В ВОСТОЧНОМ ЭКЗОКОНТАКТЕ МУРЗИНСКО-АДУЙСКОГО ГРАНИТНОГО КОМПЛЕКСА (УРАЛ)

© 2011 г. А. С. Бидный*, И. А. Бакшеев*, М. П. Попов**

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова*
119991, г. Москва, Ленинские горы, МГУ
E-mail: alexei.bidny@gmail.com
***Институт геологии и геохимии УрО РАН*
620075, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7

Поступила в редакцию 10. 02. 2011 г.

Изложены результаты Rb-Sr изотопного датирования слюдитов на проявлениях берилла и хризоберилла Глинское, “71 км”, Мариинское (Малышевское) и Заречное. Слюдиты залегают вдоль восточного контакта Мурзинско-Адуйского гнейсо-мигматитового комплекса, ядром которого являются верхнепалеозойские гранитные массивы. На основании изохрон, построенных по породообразующим и акцессорным минералам слюдитов, выделено три этапа их формирования: ~230 млн. лет (Глинское), ~205 млн. лет (Мариинское и Заречное) и ~190 млн. лет (“71 км”).

Ключевые слова: *бериллоносные слюдиты,* Rb-Sr *изотопное датирование, Урал.*

ВВЕДЕНИЕ

Изумрудные Копи расположены на восточном склоне Среднего Урала, в Асбестовском районе Свердловской области. Эти месторождения разрабатывались почти непрерывно, начиная с 1831 г. В течение следующего столетия в отдельные годы производство изумрудов и зеленых бериллов достигало 2.5 млн карат в сырье. В период после Великой Отечественной войны и до открытия на Дальнем Востоке крупных гидротермальных месторождений бериллия Изумрудные Копи Урала служили одним из основных источников этого стратегического сырья в СССР. В последнее время русские изумруды все чаще стали появляться в ювелирных изделиях. В связи с этим, проблема обнаружения новых источников ювелирного изумрудного сырья на Среднем Урале вновь стала актуальной, и, в частности, возродилась идея о продолжении Изумрудоносной полосы Урала к северу и югу от известных месторождений Изумрудных Копей.

В работе [3] предложена четырехстадийная история формирования Мурзинско-Адуйского гранитного комплекса на основе Rb-Sr датирования: раннепермская стадия (~260 млн. лет) с образованием основной массы комплекса, позднепермская стадия (~250 млн. лет) с внедрением лейкократовых гранитов в восточной части Мурзинского и северной части Адуйского массивов, среднепозднетриасовая стадия (~230 млн. лет) с формированием пегматоидных лейкогранитов и пегматитов в северной части Адуйского массива и, наконец, раннеюрская стадия (~ 200 млн. лет) с внедрением редкометальных пегматитов в восточной части Адуйского массива.

Результаты K-Ar датирования этих массивов, выполненные позднее [4], не совпадают с этими выводами. Первая стадия зафиксирована не была, что объясняется омоложением K-Ar системы исследованных пород в результате термального воздействия. Кроме того, датировки по некоторым разновидностям гранитоидов [4], оказались заметно древнее возрастов, полученных Rb-Sr методом, в связи с чем, раннеюрская стадия (~ 200 млн. лет) вообще выпала из обсуждения. В этой же работе приводятся сведения о том, что K-Ar изотопная система в биотите и мусковите (по которым проводился анализ) остается закрытой только при T менее 350 ± 50 и 300 ± 50°C, соответственно.

Мы начали детальное минералогическое и геохронологическое изучение слюдитовых проявлений берилла и хризоберилла, находящихся на территории Изумрудных Копей и за их пределами. Исследуемые объекты расположены на территории Свердловской области, к СВ от г. Екатеринбурга: Глинское проявление – в 80 км на север-северо-восток, проявление “71 км” – в 65 км на северо-восток, Мариинское – в 40 км на северо-восток и Заречное – в 30 км на восток от областного центра. Целью работы является возрастная систематизация бериллосодержащих слюдитов с выяснением связи последних с историей гранитного магматизма, а также проверка предложенной авторами гипотезы о возможности отнесения всех изумрудных объектов Среднего Урала к единой геологической провинции.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Уральская изумрудоносная полоса занимает южную часть Свердловской области и простирается на 180 км в меридиональном направлении. Бериллиевая минерализация на изучаемых объектах приурочена к апогипербазитовым или апобазитовым слюдитам. Слюдиты залегают вдоль восточного контакта Мурзинского (Глинское), Адуйского (“71 км”, Мариинское) и Каменского (Заречное) верхнепалеозойских гранитных массивов. Эти массивы составляют ядро Мурзинско-Адуйского комплекса, контролируемого глубинным Сусанским разломом на сопряжении контрастных по составу тектонических блоков – Мурзинско-Адуйского микроконтинента и Режевского вулканогенного прогиба [2].

На проявлении Глинское бериллиевая минерализация локализована среди линзовидных тел, представленных тальк-актинолитовыми, тальк-тремолитовыми, тальк-карбонатными сланцами. Тальковые породы рассечены флогопитовыми жилами и пегматоидами. Слюдиты в основном состоят из флогопита (90–100%), мусковит занимает до 5% объема породы, акцессорные минералы представлены бериллом, турмалином, хризобериллом, корундом, апатитом, флюоритом, реликтами хромшпинелидов, цирконом. Пегматоиды представлены турмалин-мусковит-полевошпат-кварцевыми жилами. Кристаллы берилла встречены на контактах жил со слюдитами, хризоберилл обнаружен в слюдитах.

На проявлении “71 км” бериллиевая минерализация установлена в апогипербазитовых слюдитовых и плагиоклазитовых жилах.

Мариинское месторождение расположено в метаморфогенной толще, состоящей из амфиболитов, тальк-актинолитовых и тальковых сланцев. Среди вмещающих толщ встречаются будины пород ультраосновного состава. Гипербазиты рассечены слюдитовыми жилами, содержащими изумрудную минерализацию. Слюдиты сложены в основном флогопитом, а также переменными количествами турмалина, талька, плагиоклаза, амфибола тремолит-актинолитового ряда, хлорита, апатита и флюорита.

Заречное проявление зеленого берилла локализовано в зоне интенсивно метаморфизованных и гидротермально проработанных пород, представленных хлоритовыми, серицит-хлоритовыми, серицит-флогопит-хлоритовыми и другими сланцами. В восточном направлении эта зона постепенно переходит в хлорит-полевошпатовые метасланцы, которые в северной части участка прорваны телом меланократовых амфиболовых габбро. С запада жильная зона ограничена полосой выходов лейкократовых двуслюдяных гнейсовидных гранитов. Берилловая минерализация установлена в серицит-флогопит-хлоритовых и кварц-полевошпатовых жилах.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ изотопного состава Sr и содержания рубидия и стронция методом изотопного разбавления выполнен на многоколлекторном масс-спектрометре высокого разрешения TRITON (Thermo) в ЦИИ ВСЕГЕИ, аналитик Б.В. Беляцкий (Санкт-Петербург). Содержания элементов определены методом изотопного разбавления. К навеске мономинеральной фракции (40–50 мг), предварительно очищенной от поверхностных загрязнений в разбавленной соляной кислоте, добавлялся смешанный изотопный трассер ^{84}Sr–^{85}Rb, затем осуществлялось разложение и гомогенизация образца в герметичной тефлоновой капсуле при температуре 110ºС в автоклаве в течение трех-четырех дней в среде $HF + HNO_3 + HClO_4$. Разделение Rb и Sr проведено на стандартых катионно-обменных колонках (Bio-Rad AG 50Wx8-100-200 меш) объемом 10 мл с последующей дочисткой фракции Sr на колонках объемом 2 мл в среде HCl. Величина холостого опыта на период проведения работ составляла: Rb – 0.01 нг, Sr – 0.1 нг и не вносила существенных изменений в изотопный состав исследованных образцов.

Значение изотопного стандарта Sr NIST 987 во время проведения исследований составило $^{87}Sr/^{86}Sr$ = 0.710229 ± 0.000011 (2σ, 5 измерений). Корректировка изотопного состава Sr на эффект изотопного фракционирования осуществлялась нормированием состава по отношению $^{88}Sr/^{86}Sr$ = 8.37521.

Вычисление параметров изохрон проводилось по программе Isoplot/Ex 2.49 при 2σ уровне значимости. При этом принимались ошибки воспроизводимости для измеренных отношений: $^{87}Rb/^{86}Sr$ – 1.0%, $^{87}Sr/^{86}Sr$ – 0.01%.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами проведено определение Rb-Sr изотопного возраста пегматитоидов и сопряженных с ними слюдитов Мариинского месторождения, а также проявлений Глинское, “71 км” и Заречное с помощью Rb/Sr геохронометра (табл. 1, рис. 1).

Для определения времени пегматитообразования на Глинском проявлении построена изохрона (рис. 1) по минералам пегматоидных жил: полевой шпат, мусковит, турмалин. Возраст, определенный таким образом, равен 248 ± 1 млн. лет, а начальное отношение $^{87}Sr/^{86}Sr$ = 0.70619 (СКВО = 2.2). Однако при построении изохроны по Rb-Sr характеристикам берилла и трех флогопитовых монофракций (для двух из них установлены ассоциации флогопит–берилл и флогопит–хризоберилл–корунд), то возраст определяется как: 227.6 ± 7.2 млн. лет при начальном отношении $^{87}Sr/^{86}Sr$ = 0.72000 (СКВО = 7.1).

Таблица 1. Параметры Rb-Sr изотопной системы и изохрон для бериллоносных слюдитов и приконтактовых пород Мурзинско-Адуйского комплекса

№ точки	Месторождение	Фракция	Rb ppm	Sr ppm	$^{87}Rb/^{86}Sr$	$^{87}Sr/^{86}Sr$	Возраст, млн.лет	$(^{87}Sr/^{86}Sr)_0$	СКВО
1	Глинское	турмалин	1.47	13.89	0.3054	0.7073	248.0 ± 1.0	0.70619	2.2
2		мусковит	104.65	3.93	79.1863	0.9858			
3		калинатровый полевой шпат	704.74	66.49	30.9882	0.8144			
4		берилл	69.90	1.07	201.4564	1.3674	227.6 ± 7.2	0.72000	7.1
5		флогопит Б*	2072.99	4.34	2464.8867	8.7245			
6		флогопит Х*	389.89	9.69	121.1178	1.1162			
7		флогопит	3011.40	5.25	3402.0358	11.4571			
8	71 км	флогопит	942.50	36.39	76.8206	0.9619	187.3 ± 1.9	0.75728	0.0059
9		мусковит	1005.17	54.94	54.4589	0.9023			
10		флогопит К*	751.96	108.23	20.3081	0.8114			
11	Мариинское	хлорит	1982.50	91.06	64.34764	0.899612	206.6 ± 1.4	0.70960	1.9
12		альбит	39.04	315.18	0.358396	0.710649			
13		флогопит	2011.52	66.95	89.275724	0.9706421			
14	Заречное	флогопит	2442.54	9.93	893.9361	3.3258	204.0 ± 27.0	0.74000	66
15		порода в целом	1410.64	43.59	96.9385	1.0682			
16		берилл	33.87	1.14	88.7901	0.9994			
17		эпидот	34.35	411.63	0.2414	0.7073			

Примечание.* Флогопит Б в ассоциации с бериллом, флогопит Х в ассоциации с хризобериллом и корундом, флогопит К на контакте между пегматоидной и слюдитовой жилами.

Оценка возраста проявления “71 км” осуществлена по двум монофракциям флогопита из слюдита и монофракции мусковита из контакта с пегматоидной жилой (рис. 1). Полученный возраст составляет 187.3 ± 1.9 млн. лет, а начальное отношение $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.75728$ (СКВО = 0.0059).

Rb-Sr изотопный анализ слюдитов Мариинского (Малышевского) месторождения сделан по трем мономинеральным фракциям: флогопит, хлорит, альбит (рис. 1). На Rb-Sr изохронной диаграмме изученные монофракции образуют тренд с возрастом 206.6 ± 1.4 млн. лет (при СКВО = 1.9), начальное соотношение $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.70960$.

Изохрона для бериллоносных пород Заречного проявления построена по 4 точкам: флогопит, берилл, эпидот и порода в целом (рис. 1). Оцененный таким образом возраст составил 204.0 ± 27.0 млн. лет, начальное отношение $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.74000$ (СКВО = 66).

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученное значение возраста пегматоидной жилы Глинского проявления сопоставимо с возрастом двуслюдяных гранитов в восточной части Мурзинского массива 253 ± 14 млн. лет при начальном отношении $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.7100$ [3]. Однако возраст бериллсодержащих слюдитов оказался значительно моложе. Наши данные по слюдитам проявления “71 км” резко отличаются от имеющихся данных K-Ar датирования мезократовых гранитов, находящихся в непосредственной близости к нему: 249 и 250 млн. лет [4, 5]. Вместе с тем, возраст и начальное отношение $^{87}Sr/^{86}Sr$ слюдитов “71 км” весьма близки к таковым для редкометальных пегматитов Квартального месторождения (восточный контакт Адуйского массива): 196.5 ± 1.9 млн. лет, начальное отношение $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.7573$ [3]. Что касается Заречного проявления, то ранее опубликованы данные [6], указывающие на формирование Каменского массива 330 млн. лет назад с последующими тремя этапами мигматизации. Наиболее поздний этап завершился 250 млн. лет назад, что сопоставимо с возрастом Адуйского массива. Между тем, бериллоносные слюдитовые жилы образовались значительно позднее последних фаз внедрения гранитного плутона. Таким образом, во всех исследованных проявлениях слюдиты, содержащие берилл и хризоберилл, сформированы позднее гранитных массивов, в экзоконтактах которых находятся. Исходя из этого, можно говорить о том, что непосредственной связи бериллиевой минерализации с воздействием гранитов на вмещающие породы нет. Скорее причиной стала посторогенная многостадийная активизация в восточной части Мурзинско-Адуйского комплекса.

На рис. 2 показан рассчитанный изотопный состав стронция в изученных породах в момент их образования. Если рассматривать диаграмму без Мариинского месторождения, то можно наметить тренд увеличения начального отношения стронция с уменьшением возраста. Тем не менее, имеющихся данных недостаточно, чтобы назвать это закономерностью. При этом, в работе [3] приводится объяснение такого эффекта в гранитоидах, как следствие нескольких последовательных эпизодов частичного плавления одного гипотетического палео-

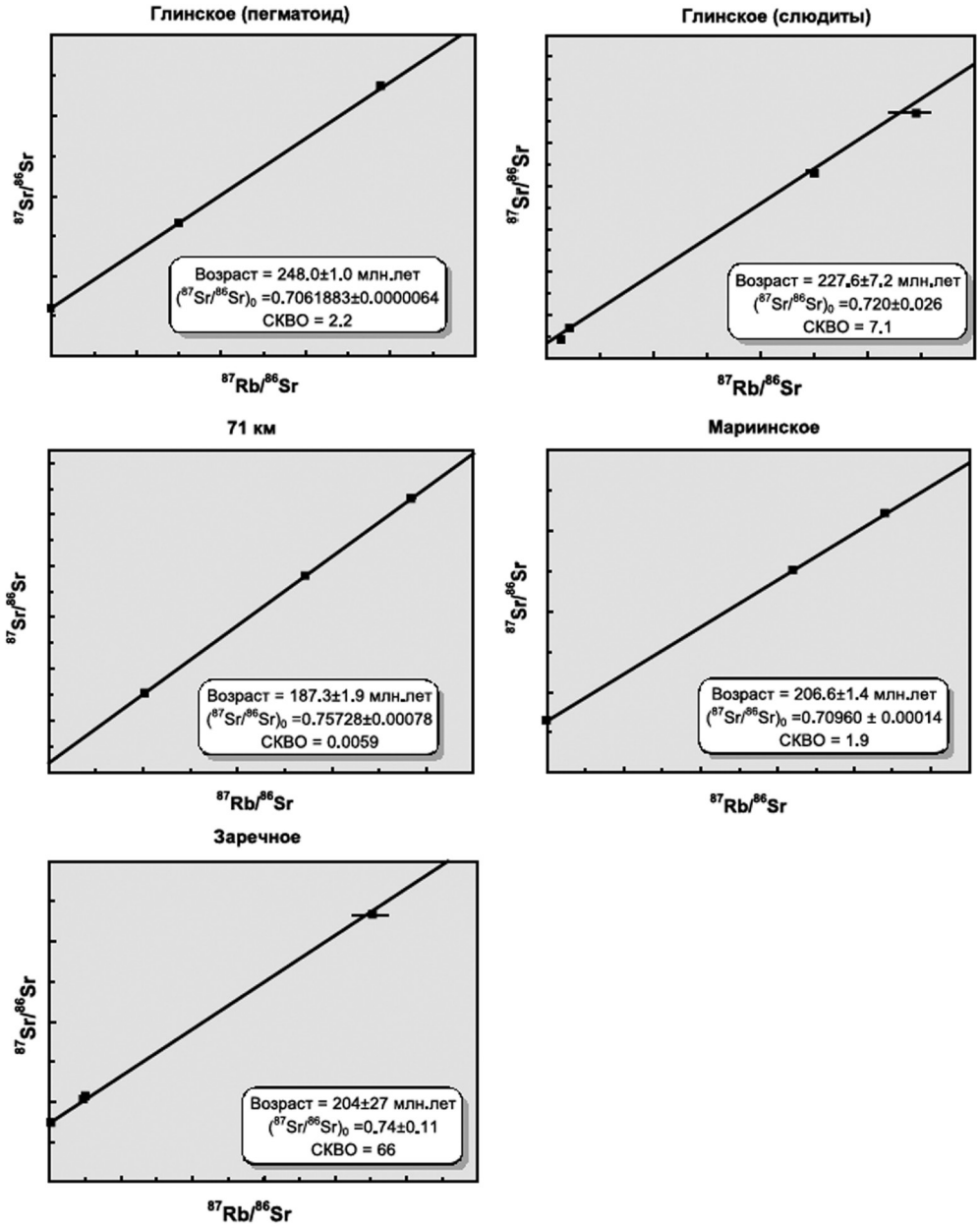

Рис. 1. Изохроны, построенные по минералам слюдитов и приконтактовых пород берилловых проявлений Мурзинско-Адуйского комплекса.

протерозойского источника. Флюид, отделившийся от остаточного расплава с высоким Rb/Sr отношением, может также унаследовать его, а при образовании слюдитов задать повышенное $^{87}Sr/^{86}Sr$. На возможность такой интерпретации указывает то, что в слюдитах Rb/Sr отношение существенно выше, чем в залегающих в непосредственной близости гранитах и гранитных пегматитах (по нашим данным). Rb-Sr систематика слюдитов Мариинского месторождения вместе с Sm-Nd данными указывает на коровые источники флюида с изотопным составом, отвечающим смешению вещества вмещающих пород [1].

ВЫВОДЫ

1. Выявлен существенный разрыв во времени между формированием гранитных плутонов Адуйско-Мурзинского комплекса, датируемых возрастом 230–260 млн. лет и бериллсодержащих слюдитов всех четырех исследованных месторождений (190–230млн. лет).

2. Установлено существенное различие в первичном отношении изотопов стронция, которое существенно нарастает от 0.709 до 0.757 по мере омоложения возраста бериллоносной слюдитовой минера-

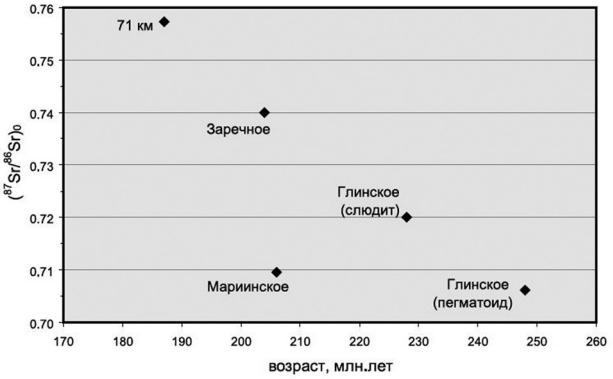

Рис. 2. Соотношение изотопного состава стронция в изученных слюдитовых породах с возрастом формирования.

лизации (в ряду Мариинское–Заречное–“71 км”).

Выявленные особенности – это, скорее всего, следствие постколлизионной многостадийной активизации в восточной части Мурзинско-Адуйского комплекса. В результате этого вмещающие породы и рудный комплекс Уральских изумрудных копей испытывает многостадийный метаморфизм (автометасоматоз), что и отражено в омоложении возраста и резком росте первичного отношения изотопов стронция. Все это – результат активизации глубинного Сусанского разлома, разделяющего блоки пород различного состава в течение позднего триаса.

Исследования проведены в рамках проекта 09-М-2345–2001 “Освоение недр Земли: инновационное и научно-технологическое развитие горно-металлургического комплекса Урала”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакшеев И.А., Кудрявцева О.Е., Беляцкий Б.В. и др.* Турмалин-содержащие метасоматиты Уральских Изумрудных копей. Статья II. Слюдиты // Уральский геол. журн. 2003. № 4. С. 3–34.
2. *Куприянова, И.И.* О генезисе Малышевского бериллий-изумрудного месторождения (Средний Урал, Россия) // Геология рудных месторождений. 2002. № 4. С. 314–330.
3. *Попов В.С., Богатов В.И., Петрова А.Ю., Беляцкий Б.В.* Возраст и возможные источники гранитов Мурзинско-Адуйского блока, Средний Урал: Rb-Sr и Sm-Nd изотопные данные // Литосфера. 2003. № 4. С. 3–18.
4. *Смирнов В.Н., Иванов К.С., Краснобаев А.А. и др.* Результаты K-Ar датирования Адуйского гранитного массива (восточный склон Среднего Урала) // Литосфера. 2006. № 2. С. 148–156.
5. *Ферштатер Г.Б., Гердес А., Смирнов В.Н.* Возраст и история формирования Адуйского гранитного массива // Ежегодник-2002. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. С. 146–150.
6. *Ферштатер Г.Б., Шардакова Г.Ю., Краснобаев А.А. и др.* Rb-Sr и цирконовый U-Pb возраст Каменского мигматит-плутона (Средний Урал) // Ежегодник-2006. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 200–205.

Рецензент В.В. Холоднов

Rb-Sr sistematics of beryl-bearing schist in the eastern outer contact of the Murzinka-Adui granite complex (Urals)

A. S. Bidny*, I. A. Baksheev*, M. P. Popov**

**Lomonosov Moscow State University*
***Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

Rb-Sr dating results of beryl- and chrysoberyl-bearing mica schist at the Glinskoye, “71 km”, Mariinskoye (Malyshevskoye), and Zarechnoye mineral occurances are discussed. The schist is located along the eastern contact of the Murzinka-Adui granite-gneiss complex, core of which consists of Upper Paleozoic granite massifs. Three stages of the deposit formation ~230 Ma (Glinskoye), ~205 Ma (Mariinskoye and Zarechnoye) and ~190 Ma (“71 km”) were distinguished from mineral isochrones.

Key words: *beryl-bearing schist, Rb-Sr isotopic dating, Urals.*