

Rb-Sr ДАТИРОВАНИЕ ПСЕВДОЛЕЙЦИТОВЫХ ТЫЛАИТОВ КОСЬВИНСКОГО КАМНЯ (ПЛАТИНОНОСНЫЙ ПОЯС УРАЛА): СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ДВУХ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ

Ю. Л. Ронкин, Е. С. Богомолов

Платиноносный Пояс Урала, представляющий собой сложную, 900-километровую геологическую структуру, состоящую из 14 крупных ультрабазит-базитовых массивов, считается бесспорным эталоном комплексов так называемого зонального типа, определяющим признаком которого являются содержащие самородную платину дунитовые “ядра”, окруженные концентрическими пироксенитовыми оболочками [2, 3]. В последнее время, с помощью K-Ar, Rb-Sr, Sm-Nd и U-Pb изотопных методов датирования для различных образований Платиноносного Пояса Урала был получен достаточно представительный объем геохронологических данных [4–15, 19], отражающих как архейское так и палеозойское время. Тем не менее, большинство данных укладываются во временной интервал 560–400 млн. лет, в целом согласуясь с имеющимися представлениями о геологическом развитии структуры пояса. Однако в 2003 г. были опубликованы результаты Rb-Sr датирования семи псевдолейцитовых тылаитов Косьвинского Камня в Кытлымском массиве, определяющие значимо более “молодой” возраст 340 ± 22 млн. лет [11]. Поскольку тылаиты входят в единую ассоциацию с дунитами и клинопироксенитами, то авторы этой работы предположили, что полученный Rb-Sr возраст 340 ± 22 млн. лет отражает время формирования всей дунит-клинопироксенит-тылаитовой серии пород, что вызвало определенную дискуссию, так как такая трактовка находится в известном противоречии с наблюдаемыми геологическими фактами.

Рассмотрев аналитические материалы, приведенные в этой работе, мы пришли к следующему заключению: 1) корректность применения Rb-Sr метода к валовым составам, демонстрирующим “растяжку” по оси $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ всего лишь до величины 0.129 – сомнительна; 2) $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ отношение, полученное с применением квадрупольного анализатора Q-ICP/MS Elan 5100 [19] вместо изотопного разбавления (ID) с окончанием на прецизионном твердофазном масс-анализаторе (TIMS), скорее всего, определено с более высокой погрешностью, чем это было указано в статье. Это заключение стало катализатором для проведения нового исследования уже с применением технологии ID-TIMS в изотопной лаборатории ИГГД РАН (г. С.-Петербург), целью которого стала проверка полученных ранее данных и уточнение геологического возраста псевдолейцитовых тылаитов. Эта работа стала возможной благодаря предоставленным в наше распоряжение Е.В. Пушкаревым тех же самых проб тылаитов, которые были использованы ранее в работе 2003 г. [11], за исключением одного (КТ-399) образца.

Поскольку данные о содержании Rb и Sr были известны из предыдущей работы [11], знание этих величин позволило минимизировать погрешности связанные с выбором оптимального соотношения исходных количеств образца и смешанного спайка $^{85}\text{Rb}+^{84}\text{Sr}$ в соответствующих смесях образца и трассера [21]. Результирующие суммы трассера с образцом заливались смесью азотной и плавиковой кис-

Таблица 1. Rb-Sr данные для псевдолейцитовых тылаитов Косьвинского Камня (Платиноносный пояс Урала)

Проба	Rb, ppm	Sr, ppm	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$\pm 2\sigma$	Коэфф. вариации, %				Источник данных
							Rb	Sr	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	
Кт-400	1.96	488.7	0.0116	0.0001	0.703960	0.000010	19.8	0.2	18.1	0.014	н/р
	2.6	490.3	0.0150	0.0002	0.704098	0.000021					[11]
Кт-393	8.41	1006	0.0242	0.0001	0.704061	0.000008	1.8	0.6	0.6	0.006	н/р
	8.2	997.9	0.0240	0.0003	0.704123	0.000021					[11]
Кт-395	8.45	797	0.0306	0.0002	0.704084	0.000009	3.0	2.0	1.4	0.008	н/р
	8.1	775.1	0.0300	0.0004	0.704159	0.000021					[11]
Кт-394	17.6	722.6	0.0704	0.0004	0.704366	0.000008	8.0	0.1	8.1	0.004	н/р
	19.7	721.9	0.079	0.001	0.704404	0.000021					[11]
Кт-399	15.4	395.4	0.1126	0.0006	–	–	1.0	1.0	0.3		н/р
	15.2	389.8	0.113	0.001	0.704552	0.000021					[11]
Кт-398	19.0	422.6	0.1299	0.0006	0.704557	0.000016	1.5	1.0	0.5	0.010	н/р
	18.6	416.8	0.129	0.002	0.704654	0.000021					[11]

Примечание. н/р – настоящая работа.

Таблица 2. Результаты расчетов Rb-Sr данных с помощью Isoplot ver.3.6

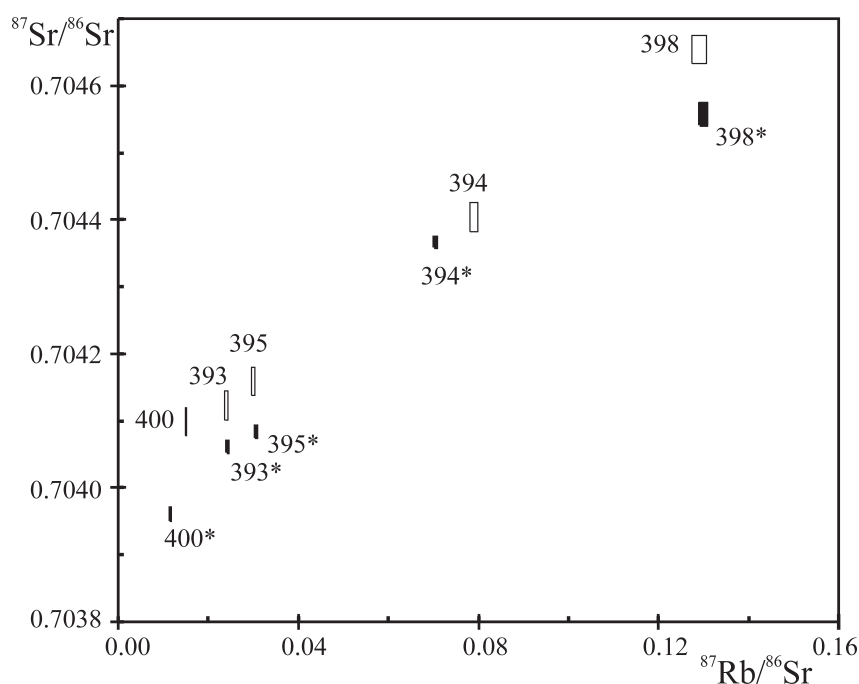
Калькулируемые сочетания фигуративных точек	Возраст млн лет	$\pm 95\%$ от дов. уровня	IR	$\pm 2\sigma$	СКВО	Вероятность соответствия
400, 393, 395, 394, 399, 398	342	14	0.704015	0.000015	1.05	0.380
400*, 393*, 395*, 394*, 398*	356	120	0.70394	0.00012	102	0
400*, 393*, 395*, 394*	480	74	0.703884	0.000043	6.3	0.002

лот в тефлоновых автоклавах, и далее подвергались длительному нагреву при температуре около 180°C до полного разложения. Выделение рубидия и стронция для изотопного анализа осуществлялось путем катионообменной хроматографии на смоле марки AG50W-X8. **Анализ изотопного состава Rb, Sr** производился на мультиколлекторном масс-спектрометре Triton (обладающем, как известно, наилучшими на сегодня метрологическими характеристиками в своем классе) в статическом режиме, с дальнейшей коррекцией на изотопное фракционирование стронция путем нормализации измеренных отношений к величине $^{86}\text{Sr}/^{88}\text{Sr} = 0.1194$. Нормализованные таким образом отношения изотопов стронция приводились к значению $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.71025$, признанному лучшим для международного изотопного стандарта NBS-987. Погрешность определения отношения $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ ($\leq 0.5\%$), контролировалась путем соответствующего анализа международного стандарта BCR-1, для которого серия из шести определений дала следующие результаты: содержание Rb = 45.9 ppm, содержание Sr = 329 ppm, $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr} = 0.4027 \pm 0.0009$,

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.705013 \pm 0.000006$. Уровень холостого опыта составил 30 pg для Rb и 30 pg для Sr соответственно. Обработка результирующих Rb-Sr изотопных данных осуществлялась с помощью программы Isoplot ver. 3.6 [17]. Более подробные сведения об аналитических процедурах можно найти в работе [1].

Результаты выполненных работ приведены в табл. 1, 2 и на рис. 1. Сравнительный анализ вновь полученных (ID-TIMS) и ранее опубликованных [11] Rb-Sr изотопных данных, демонстрирует значимые расхождения (коэффициент вариации по отношению $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ достигает 18.1%, проба КТ-400, содержащая минимальное количество рубидия), переводящие ранее полученную [11] изохронную зависимость в разряд эррохронной (табл. 2), что, в свою очередь, свидетельствует об отсутствии гомогенизации Rb-Sr систематики и наличие геохимической дисперсии (IY модель МакИнтайра [18]).

Проведенные исследования с применением более методологически обоснованного прецизионного ID-TIMS метода определения изотопов Rb и

**Рис. 1.** График Николайсена [20] для тылаитов Кытлымского массива Платиноносного пояса Урала.

Размер прямоугольников пропорционален соответствующим $\pm 2\sigma$ погрешностям по осям координат. Залитые прямоугольники (номера проб отмечены звездочкой) соответствуют аналитическим данным, полученным в настоящей работе с помощью ID-TIMS, остальное – по [11]. Индексы КТ для краткости не приводятся.

Sr (лаборатория ИГГД РАН, С.-Петербург) показали, что вновь полученные изотопные отношения в разной степени (табл. 2) отличаются от результатов, полученных ранее [11]. Более того, совокупность полученных Rb-Sr ID-TIMS данных не соответствует изохронной зависимости, что значительно усложняет однозначную интерпретацию Rb-Sr данных. Таким образом, каменноугольный Rb-Sr изохронный возраст псевдолейцитовых тылаитов, опубликованный в цитируемой работе [11], следует признать артефактом, полученным из-за некорректной методологии Rb-Sr изотопных исследований. Тем не менее, уже на данном этапе исследований можно предположить, что нарушение Rb-Sr изотопной системы псевдолейцитовых тылаитов, вероятно, связано с реакционно-метасоматическим развитием позднего флогопита в процессе твердопластической перекристаллизации пород в присутствии щелочного флюида [16].

В заключении авторы выражают благодарность Е.В. Пушкареву за предоставленный материал для Rb-Sr изотопного датирования и конструктивное обсуждение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов Е.С., Гусева В.Ф., Турченко С.И. Мантийное происхождение мафитовой расслоенной интрузии Панских тундр: изотопные Sm-Nd и Rb-Sr свидетельства // Геохимия. 2002. № 9. С. 946–951.
2. Ефимов А.А. Платиноносный пояс Урала: тектоно-метаморфическая история древней глубинной зоны, записанная в ее фрагментах // Отечеств. геология. 1999. № 3. С. 31–39.
3. Ефимов А.А., Ефимова Л.П. Кытлымский платиноносный массив // Мат-лы по геологии и полезным ископаемым Урала. Вып. 13. М.: Недра, 1967. 334 с.
4. Ефимов А.А., Попов В.С., Кременецкий А.А., Беляцкий Б.А. Sm-Nd изотопный возраст дунит-клинопироксенит-тылаитового комплекса (горячего меланжа) массива Денежкин Камень в Платиноносном поясе Урала // Ежегодник-2008. Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 156. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. С. 253–257.
5. Ефимов А.А., Ронкин Ю.Л., Зиндерн С. и др. Новые U-Pb данные по цирконам плагиигранитов Кытлымского массива: изотопный возраст поздних событий в истории Платиноносного пояса Урала // Докл. АН. 2005. Т. 403, № 4. С. 512–516.
6. Ефимов А.А., Ронкин Ю.Л., Матуков Д.И. Новые U-Pb (SHRIMP II) данные по циркону из щелочных тылаитов Косвинского Камня: изотопный возраст горячего меланжа Платиноносного пояса Урала // Докл. АН. 2008. Т. 423, № 2. С. 243–247.
7. Иванов О.К., Калеганов Б.А. Новые данные о возрасте концентрически-зональных дунит-пироксенитовых массивов Платиноносного пояса Урала // Докл. АН. 1993. Т. 328, № 6. С. 720–724.
8. Маггов В.И., Петров Г.А., Ронкин Ю.Л., Лепихина О.П. Первые результаты Sm-Nd изотопного датирования оливин-анортитовых габбро Платиноносного пояса Урала // Офиолиты: геология, петрология, металлогения и геодинамика: Мат-лы междунар. науч. конф. “XII чтения А.Н. Заварицкого”. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. С. 110–113.
9. Малич К.Н., Ефимов А.А., Ронкин Ю.Л. Архейский U-Pb возраст циркона дунитов Нижне-Тагильского массива (Платиноносный пояс Урала) // Докл. АН. 2009. Т. 427, № 1. С. 101–105.
10. Попов В.С., Беляцкий Б.В. Sm-Nd возраст дунит-клинопироксенит-тылаитовой ассоциации Кытлымского массива, Платиноносный пояс Урала // Докл. АН. 2006. Т. 409, № 1. С. 104–109.
11. Пушкарев Е.В., Ферштатер Г.Б., Беа Ф. и др. Изотопный Rb-Sr возраст псевдолейцитовых тылаитов Платиноносного пояса Урала // Докл. АН. 2003. Т. 388, № 3. С. 373–377.
12. Ронкин Ю.Л., Иванов К.С., Шмелев В.Р., Лепихина О.П. Sr-Nd изотопная геохимия и Sm-Nd возраст Платиноносного пояса Урала, Россия // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М.: ИГЕМ РАН, 1997. С. 300–301.
13. Ферштатер Г.Б., Краснобаев А.А., Беа Ф. и др. Изотопно-геохронологические особенности и возраст цирконов из дунитов уральских массивов платиноносного типа, петрогенетические следствия // Петрология. 2009. Т. 17, № 5. С. 539–558.
14. Bea F., Fershtater G.B., Montero P. et al. Recycling of continental crust into the mantle as revealed by Kytlym dunitic zircons, Ural Mts, Russia // Terra Nova. 2001. V. 13. P. 1–7.
15. Bosch D., Bruguier O., Efimov A.A., Krasnobayev A.A. U-Pb Silurian age for a gabbro of the Platinumbearing Belt of the Middle Urals (Russia): evidence for beginning of closure of the Uralian Ocean // Memoirs Geol. Soc. London. 2006. V. 32. P. 443–448.
16. Krause J., Harlov D.E., Pushkarev E.V., Brugmann G.E. Apatite, phlogopite and clinopyroxene as tracers for metasomatic processes in nepheline-olivine melanogabbros of Uralian-Alaskan-type complexes in the Ural Mountains, Russia // Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения. Мат-лы III-международ. конф. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2009. Т. 1. С. 18–20.
17. Ludwig K.R. Isoplot/Ex. ver. 3.6. Berkeley Geochronology Center. Special Publication. № 4. 2008. 77 p.
18. McIntyre G.A., Brooks C., Compston W., Turek A. The statistical assessment of Rb-Sr isochrons // J. Geophys. Res. 1966. V. 71. P. 5459–5468.
19. Montero P., Bea F. Accurate determination of $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ and $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ ratios by inductively-coupled-plasma mass spectrometry in isotope geoscience: an alternative to isotope dilution analysis // Analytica Chimica Acta. 1998. V. 358, № 3. P. 227–233.
20. Nicolaysen L. O., Graphic interpretation of discordant age measurements on metamorphic rocks // Ann. N.Y. Acad. Sci. 1961. V. 91. P. 198–206.
21. Webster R.K. Mass-spectrometric isotope dilution analysis // Method in geochemistry / Eds. A.A. Smales and L.R. Wager. N.Y.: Intersci. Publ. Inc., 1960. P. 202–246.