

УДК 550.4:546.45

© Д.чл. УАГН Григорьев Н.А., Бушляков И.Н.

**РОЛЬ БЕРИЛЛИЕВЫХ МИНЕРАЛОВ КАК НОСИТЕЛЕЙ
БЕРИЛЛИЯ В ГРАНИТОИДАХ И ПАРАСЛАНЦАХ УРАЛА**

*Институт геологии и геохимии Уральского научного центра РАН
620151, Екатеринбург, Почтовый пер., 7*

Автореферат

Бериллиевые минералы известны только в горных породах с валовым содержанием Ве не меньше 0,001 %. Сопоставлены 3959 количественных анализов горных пород Урала. Установлено, что 2,4% проб гранитоидов и 3,3 % проб метаморфизованных осадочных пород характеризуется содержанием Ве >0,001%. Для пород с таким содержанием характерно наличие бериллиевых минералов. Роль бериллиевых минералов определена с учетом закономерностей вариаций минеральных балансов Ве. Установлено, что в уральских гранитоидах и парасланцах в бериллиевых минералах сконцентрировано соответственно 5 и 10 % всей массы Ве. Предполагается, что в верхней части континентальной коры в бериллиевых минералах сконцентрировано около 5% всей массы Ве.

Abstract

Grigor'ev N. A., Buchlyakov I. N.

**ROLE BERYLLIUM MINERALS AS CARRIERS OF BERYLLIUM OF
GRANITOIDS AND PARASCHISTS OF THE URALS**

3959 quantitative analyses of rocks of the Urals have been compared. It was established that 2,4 % of samples of granitoids and 3,3 % of samples of paraschists are characterized by the contents of Be > 0,001 %. For rocks with such contents the presence of beryllium minerals is characteristic. The role of beryllium minerals is determined in view of regularities of variations of Be mineral balances. It was established that in the Ural granitoids and paraschists in beryllium minerals accordingly 5 and 10 % of all Be mass is concentrated. It is supposed that in the upper continental crust in beryllium minerals about 5 % of all Be mass is concentrated.

Бериллий ценный и токсичный химический элемент. Известно, что его атомы изоморфно входят в кристаллические структуры породообразующих силикатов [1, 2]. Вопрос о глобальной роли бериллиевых минералов в качестве носителей бериллия остается открытым. Ниже впервые приведены результаты его решения с использованием уральских материалов.

БЕРИЛЛИЕВЫЕ МИНЕРАЛЫ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Бериллиевые минералы достоверно установлены только в рудах и горных породах с повышенным содержанием бериллия [1-4]. Отметим горные породы с самыми низкими значениями содержания бериллия, в которых установлены бериллиевые минералы.

Граниты Юты в США (0,001-0,0015 % Ве), содержащие берилл [5]. Позднегерцинский *лейкократовый гранит* Центрального Казахстана (проба 5186, 0,0024 % Ве), содержащий берилл [6]. *Аляскит* из Чаткальского района Тянь-Шаня (проба 368, 0,0011% Ве), содержащий гадолинит [7]. *Гранитный пегматит* Улканского массива, находящегося на Алданском Щите в Сибири (0,001% Ве), содержащий берилл [8] *Кора выветривания пегматоидного гранита* в Южной части Адуйского массива на Среднем Урале (проба ЛЛ-7120, 0,0034% Ве), содержащая берилл [4]. *Кора выветривания гранитного пегматита* в Южной части Адуйского массива (проба МК-7116, 0,0024% Ве).[4]. *Мусковитизированный филлит* из литогеохимического ореола Боевского берилл-флюоритового месторождения на Урале (проба 4003, 0,004% Ве), содержащий берилл [4]. *Делювий*, сложенный продуктами выветривания метаморфизованных терригенных пород и расположенный в пределах литогеохимического ореола Боевского месторождения (разрез 34, 0,0011% Ве), содержащий берилл[2]. Данные о наличии ближе не определенных бериллиевых минералов в *аллювии* с содержанием бериллия <0,0005% [5] требуют уточнения.

В горных породах, состоящих в основном из кварца и полевых шпатов, а также в корах их выветривания валовое содержание бериллия 0,001% является граничным[4]. При таком содержании в частицах бериллиевых минералов (учитываемых при минералогических анализах) сконцентрировано только 1-5% массы бериллия. Второе граничное содержание бериллия в отмеченных породах - 0,03%. При таком содержании в бериллиевых минералах сконцентрировано до 90% массы этого элемента. В горных породах, содержащих много мусковита, силикатов железа и магния, карбонатов, фосфатов, гидроксидов железа и марганца, граничные содержания бериллия несколько выше. Но такие горные породы не относятся к главным его носителям [2]. Таким образом, роль бериллиевых минералов значительна только

в участках горных пород с содержанием бериллия >0,001%. Роль таких участков как носителей бериллия определена на примере Урала.

ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

В настоящей работе мы использовали результаты 3959 количественных анализов проб массой 0,5 – 5 кг. Почти все анализы спектральные. Они выполнены преимущественно в Институте геологии и геохимии УрО РАН кандидатом химических наук Л.И. Коленко по разработанной ею оригинальной методике. Чувствительность – 0,00002 мас.%. Стандартная погрешность воспроизводимости – 10 отн.%. Часть анализов выполнена в Производственном объединении «Уралгеология» по известной методике ВИМСа. Анализы аплитов, пегматитов, скарнов а также горных пород из рудных полей месторождений бериллия и бериллиевых самоцветов не учитывались.

Горные породы осадочного слоя.

Пески, песчаники (табл. 1) включают 13 проб палеоценовых и меловых песчаников и песков из морских отложений Зауралья и одну пробу четвертичного галечника из района г. Златоуста.

Глины (табл. 1) включают 89 проб кайнозойских глин и суглинков (делювиальных и озерно-болотных) из Восточно-Уральского поднятия и 27 проб – нижне-палеоценовых и верхне-меловых морских глин Зауралья.

Кремнистые породы (табл. 1) – из морских отложений Зауралья.

Вулканиды (табл. 1) – базальты, андезиты, дациты, риолиты и липариты из мезозойских осадочных толщ Зауралья.

Горные породы гранитно-гнейсового слоя.

Гранитоиды (табл. 2) всех известных на Урале формационных типов (от диоритов и плагиогранитов до аляскитов и лейкократовых гранитов). Вместе с ними учтены ортогнейсы (от диорито-гнейсов и плагиогранито-гнейсов до гранито-гнейсов). Количество проб из разных частей Урала: Центрально-Уральское поднятие – 200, Приполярный Урал – 244, Сысертско-Ильменогорский метаморфический комплекс – 325, Восточно-Уральское поднятие – 1635, Тагильский и Магнитогорский прогибы, наложенный вулcano-плутонический комплекс Северного Урала и другие структуры – 106.

Сиениты (табл. 2), в том числе нефелиновые: 14 проб из Центрально-Уральского поднятия, 53 пробы из Сысертско-Ильменогорского комплекса, 11 проб из прочих структур.

Базиты (табл. 2) - палеозойские и докембрийские габброиды и диабазы (31 проба из Центрально-Уральского поднятия, 36 проб из

Таблица 1

Количество проб горных пород осадочного слоя с разным содержанием Be

Содержание Be, %	Пески, песчаники	Глины	Кремнистые породы	Вулканиды		
				Основные	Средние	Кислые
0 – 0,00005	2	1	-	6	1	4
0,00005 – 0,0001	2	23	-	10	1	10
0,0001 – 0,0002	5	26	5	30	5	13
0,0002 – 0,0003	2	18	2	26	2	7
0,0003 – 0,0004	1	11	1	8	1	9
0,0004 – 0,0005	-	8	-	3	1	5
0,0005 – 0,0006	1	9	-	-	-	3
0,0006 – 0,0007	-	5	-	-	-	5
0,0007 – 0,0008	-	3	-	-	-	3
0,0008 – 0,0009	-	5	-	-	-	2
0,0009 – 0,001	-	4	-	-	-	1
>0,001	1	3	-	-	-	-
Всего	14	116	8	83	11	62

Восточно-Уральского поднятия, 19 проб из Тагильского и Магнитогорского прогибов, 9 проб из прочих структур).

Ультрабазиты (табл. 2) в основном из Платиноносного пояса Урала. Три пробы оталькованных ультрабазитов взяты в пределах Восточно – Уральского поднятия.

Метапесчаники (табл. 3) палеозойские и докембрийские из Центрально-Уральского и Восточно-Уральского поднятий, Сысертско-Ильменогорского комплекса и других структур. Кроме собственно метапесчаников в эту группу включены метаморфизованные туфо-песчаники, гравеллиты, конгломераты и кварциты.

Парасланцы (табл. 3) – продукты метаморфизма докембрийских и палеозойских глинистых сланцев и аргиллитов, включая парагнейсы (60 проб из Центрально-Уральского поднятия, 207 проб из Восточно-Уральского поднятия, 6 проб из прочих структур).

Карбонатные породы (табл. 3) – мраморы и кальцифиры преимущественно из Восточно-Уральского поднятия.

Таблица 2

Количество проб магматических пород с разным содержанием Be

Содержание Be, %	Гранитоиды	Сиениты	Базиты	Ультрабазиты
0 – 0,00005	108	5	32	18
0,00005 – 0,0001	214	7	20	1
0,0001 – 0,0002	615	14	22	-
0,0002 – 0,0003	472	15	11	1
0,0003 – 0,0004	412	11	4	-
0,0004 – 0,0005	267	7	2	-
0,0005 – 0,0006	141	5	2	-
0,0006 – 0,0007	99	2	1	-
0,0007 – 0,0008	62	4	1	-
0,0008 – 0,0009	33	2	-	-
0,0009 – 0,001	27	3	-	-
0,001 – 0,0012	22	1	-	-
0,0012 – 0,0014	13	2	-	-
0,0014 – 0,0017	11	-	-	-
0,0017 – 0,0025	8	-	-	-
0,0025 – 0,005	5	-	-	-
0,005 – 0,03	1	-	-	-
Всего	2510	78	95	20

Таблица 3

Количество проб метаморфических пород с разным содержанием Be

Содержание Be, %	Парасланцы	Метапесчаники	Карбонатные	Метавулканыты	
				Основные, средние	Кислые
0 – 0,00005	27	7	11	36	25
0,00005 – 0,0001	46	8	8	13	52
0,0001 – 0,0002	75	11	7	29	80
0,0002 – 0,0003	47	7	2	17	72
0,0003 – 0,0004	30	4	2	7	56
0,0004 – 0,0005	18	3	-	4	33
0,0005 – 0,0006	10	1	-	3	26
0,0006 – 0,0007	7	1	-	2	11
0,0007 – 0,0008	3	1	-	1	14
0,0008 – 0,001	1	1	-	-	9
0,001 – 0,0012	5	-	-	-	5
0,0012 – 0,0025	2	-	-	-	4
0,0025 – 0,005	2	-	-	-	-
Всего	273	44	30	112	387

Метавулканыты основные и средние (табл. 3) – это преимущественно продукты метаморфизма докембрийских и палеозойских базальтов, андезитов-базальтов и андезитов (30 проб из Центрально-

Уральского поднятия, 60 проб из Восточно-Уральского поднятия, 17 проб из прочих структур).

Метавулканыты кислые (табл. 3) – это в основном продукты метаморфизма докембрийских и палеозойских вулканогенных пород, соответствующих по химическому составу дацитам и липаритам (162 пробы из Центрально-Уральского поднятия, 74 пробы из Тагильского и Магнитогорского прогибов, 87 проб из Восточно-Уральского поднятия, 64 пробы из прочих структур).

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Сопоставим полученные данные (табл. 1-3) с кларковым содержанием бериллия в верхней части континентальной коры (осадочный и гранитно-гнейсовый слой) – 0,00022% [2]. Большая часть проанализированных проб характеризуется меньшим содержанием. Рассмотрим гранитоиды и парасланцы, являющиеся главными концентраторами и носителями бериллия. Здесь соотношение проб (отн.%) с разными его содержанием следующее:

- низким (<0,0002%) – 37,3 и 54,2;
- околокларковым (0,0002 – 0,0005%) – 45,9 и 34,8;
- повышенным (0,0005 – 0,001%) – 14,4 и 7,7;
- высоким (0,001 – 0,0025%) – 2,2 и 2,6;
- очень высоким (0,0025 – 0,03%) – 0,2 и 0,7.

Приведенные выше цифры очевидно отражают соотношения масс горных пород с разным содержанием бериллия. На основе этого предположения проведен расчет. Он показал, что в гранитоидах и парасланцах в участках с содержанием бериллия >0,0005% сконцентрировано соответственно 41,4 и 39,7% масс этого элемента. В других горных породах эта доля варьирует преимущественно от 32 до 65%. В гранитоидах и парасланцах в участках, содержащих >0,001% бериллия, сконцентрировано соответственно 12,8 и 22,2% его массы. Причем, эти цифры преуменьшены, поскольку результаты анализов горных пород из рудных полей редкометальных месторождений не учитывались. Расчет с учетом закономерностей вариаций минеральных балансов бериллия [4] показал, что в уральских гранитоидах и парасланцах в бериллиевых минералах вероятно сконцентрировано 5-10% всей его массы. Цифры эти вероятно тоже несколько преуменьшены, поскольку вполне корректных методов количественного учета микрочастиц бериллиевых минералов (мельче 10 мкм) пока нет [4].

Приведем рассчитанные нами величины среднего содержания бериллия в уральских горных породах в %. В осадочных породах: песках и песчаниках – 0,00025, глинах – 0,00035, кремнистых глинах – 0,0002. В вулканитах осадочного слоя: основных – 0,00019, средних – 118

0,0002, кислых – 0,00032. В магматических породах: гранитоидах – 0,00034, сиенитах – 0,00037, базитах – 0,00014, ультрабазитах – 0,00003. В метаморфических породах: метапесчаниках – 0,0002, парасланцах – 0,00028, карбонатных породах – 0,0001, метавулканитах основных и средних – 0,00017, метавулканитах кислых – 0,00031. Эти цифры находятся в границах вариаций кларковых величин содержания бериллия в горных породах континентальной коры [1,2,9,10]. Потому предполагалось, что установленные вариации содержания бериллия в горных породах характерны не только для Урала, но и для всей верхней части континентальной коры. Это предположение и данные о роли горных пород в качестве носителей бериллия [2] положены в основу нашего расчета. Он показал, что в верхней части континентальной коры в породах с содержанием бериллия >0,001% вероятно сконцентрировано около 15% его массы. В бериллиевых минералах сконцентрировано около 5% всей массы Be, имеющейся в верхней части континентальной коры.

ВЫВОДЫ

1. На Урале около 40% массы бериллия сконцентрировано в таких участках горных пород, где его содержание больше кларкового. В участках гранитоидов и парасланцев, характеризующихся наличием бериллиевых минералов, сконцентрировано соответственно 12,8 и 22,2 % его масс, имеющих в этих породах. В самих бериллиевых минералах сконцентрировано соответственно 5 и 10% этих масс.

2. В верхней части континентальной коры в бериллиевых минералах вероятно сконцентрировано около 5% всей массы бериллия.

Литература

1. **Беус А.А.** Геохимия бериллия и генетические типы бериллиевых месторождений. М.: Изд. АН СССР, 1960. 330 с.
2. **Григорьев Н.А.** Распределение бериллия на земной поверхности. М.: Наука, 1984. 117 с.
3. **Минералогия гидротермальных месторождений бериллия/** А.И. Гинзбург, И.И. Куприянова, М.И. Новикова и др. М.: Недра, 1976. 196 с.
4. **Григорьев Н.А.** Введение в минералогическую геохимию. 1999. 302 с.
5. **Griffitts W.R., Oda U.** Geochemical Prospecting for Beryllium// Geol. Surv. Profess. Pap. 1960. V. 400B. P. 90-93.

6. **Серых В.И., Иванов О.М., Козырева Е.К.** Поведение бериллия в процессе кристаллизации и метасоматического преобразования гранитов и вопросы геохимической специализации позднегерцинских интрузий//Геология Центрального Казахстана. Алма-Ата: Наука. 1969. С. 96-112.

7. **Редкие элементы и акцессорные минералы в интрузивных комплексах Срединного Тянь-Шаня/** Козырев В.В., Ежов Ю.В., Левченко И.В., Шувалов В.Г. и др. Ташкент. Изд. ФАН Узб. ССР. 1972. 299 с.

8. **Недашковский П.Г., Дербаремдикер М.М., Славкина С.П. и др.** Распределение акцессорных элементов в гранитоидах Улканского массива// Геохимические циклы Дальнего Востока. Владивосток. 1969. С. 65-76.

9. **Овчинников Л.Н.** Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.

10. **Иванов В.В.** Экологическая геохимия элементов. Книга 1. М. Недра. 1994. 305 с.