

552.341:549.251

ПЕТРОГРАФИЯ

Б. В. ОЛЕЙНИКОВ, А. В. ОКРУГИН, Н. В. ЛЕСКОВА

ПЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ НАХОДОК САМОРОДНОГО АЛЮМИНИЯ В БАЗИТАХ

(Представлено академиком Ю. А. Кузнецовым 1 VIII 1978)

известно, что в самородное состояние в эндогенном минералообразовании обособляется небольшое число элементов (¹), характеризующихся малым сродством к кислороду, причем термодинамические расчеты показывают, что повышение температуры облегчает этот процесс (²). Однако не распространяется на основные порообразующие элементы, в том числе железо, для которого известны достаточно многочисленные факты нахождения в самородной форме (^{3, 4}) и др.). Изучение акцессорных включений пород различных типов трапловых интрузивов Сибирской платформы неожиданно привело к обнаружению в них самородного алюминия. Он встречается в породах тел как среднепалеозойской, так и позднепалеозойско-раннемезозойской трапловых формаций, образованных в основном габбро-базальтовой и реже пикрит-базальтовой сериями расплавов. В ассоциации с самородным алюминием во всех интрузивах наблюдается природный карбид кремния — муассанит и ряд самородных элементов и их сплавов — также некоторые другие минералы доэквивалентного этапа кристаллизации магмы.

В породах тел, образованных пикрит-базальтовым расплавом, самородный алюминий диагностирован в пикритовых габбро-долеритах Нижнекамской дифференцированной интрузии, вещественный состав которой представлен форстеритом и близким по составу хризолитом — Fe_{9-16} . В габбро-базальтовых интрузивах обнаружена также самородная медь и сплав свинца с сурьмой.

Самородный алюминий установлен в породах секущих тел призматических габбро-долеритов Вилюйско-Мархинской магмоподводящей (интрузив Цепочечный, дайка ОБ-255) и в анортозитовых габбро-базальтах Усть-Ханнинского и Биллээхского интрузивов, петрографическая характеристика которых также опубликована (⁶). В составе габбро-базальтов первой группы тел присутствуют единичные зерна анортит-битовнита и железистого хризолита, представляющие, наряду с муассанитом, ассоциацию минералов доэквивалентного периода кристаллизации базитовой магмы. В породах обнаружены самородные Cu и Pb, а также сплав Pb, Sb. Разновозрастные Биллээхский и Усть-Ханнинский трапловые массивы, как и вышеупомянутые две дайки — примеры тел, образованных габбро-базальтовой серией расплавов, но для первых двух, в отличие от последних, сформировавшая их магма претерпела дифференциацию в глубинах мантийного промежуточного очага. В нем осуществлялась кристаллизация форстерит-хризолита (Fe_{9-18}) и анортит-битовнита (Al_{92-82}) (⁷). В породах названных тел установлены богатый пироповой ассоциацией фиолетовый и оранжевый гранат, хромпикротит, дистен, муассанит, самородные Cu, Zn, Sn, Cd, Fe, сплавы Cu и Zn, Pb, Sn и Sb. Перечисленная ассоциация минералов со всей очевидностью свидетельствует о том, что доэквивалентная эволюция вещества этих тел проходила в условиях высокого давления, высокой температуры и в восстановительной среде.

Во всех упомянутых случаях самородный алюминий образует единичные мелкие пластинчатые зерна размером максимум до 1 мм в поперечнике. Окраска минерала серовато-белая, блеск металлический, твердость около 3, ковкий, удельный вес 2,7. Первая случайная находка его была сделана в тяжелой неэлектромагнитной фракции анортозитовых габбро-долеритов Биллээхского интрузива, куда попали наиболее крупные пластинчатые индивиды минерала. Затем самородный алюминий при целенаправленном поиске был выделен из легкой фракции, всплывающей при работе с бромформом (удельный вес 2,9).

Таблица 1

Результаты изучения химического состава самородного алюминия из призматически-офитового габбро-долерита дайки ОБ-255 (%)

	Al	Mg	Cu	Si
Основная масса (матрица)	98	2,1	Не обн.	Не обн.
Si-Mg-Al-фаза (полуколичественный анализ)	98	2,5	» »	» »
Mg-Cu-Al-фаза (полуколичественный анализ)	48	13	» »	12
	70	5	27	Не обн.

Изучение химического состава минерала осуществлено Н. В. Лесковым на рентгеновском микроанализаторе ЖХА-50А. Диаметр зонда 1 мкм, рабочее напряжение 15 кВ. В качестве эталонов использовались чистые металлы Al, Mg, Si, Cu, Cr, Fe. Исследуемые фазы из пород Нижнефокинского Усть-Ханьинского и Цепочечного интрузивов оказались практически чистым алюминием. По данным рентгеноспектрального анализа, содержание Al в них равно 99—101%. Сканирование поверхности препаратов рентгеновских лучах Mg, Si, Cu, Cr, Fe показало отсутствие каких-либо продуктов распада, включающих перечисленные металлы. Кроме того, во всех находках в составе самородного алюминия не обнаружен марганец: при анализе на который эталоном служил гранат. Алюминий из анортозитовых габбро-долеритов залежи Биллээх и пород дайки ОБ-255 содержит тонкодисперсные фазы, обогащенные Mg, Si и Cu, а в самой матрице присутствует до 2,5% Mg (табл. 1). Размер скоплений кристаллитов, содержащих Mg, Cu, Si, около 1—3 мкм. Слагают они цепочки, расположенные, вероятно, по периферии зерен основной массы (структурное травление препаратов не проводилось). Малая величина фаз не позволяет провести количественный анализ, так как зонд постоянно захватывает и вещество матрицы. Из информации по искусственным сплавам алюминия известно, что при распаде высокотемпературного твердого раствора системы Ag-Mg при наличии в нем Si и Cu, наряду с твердым раствором магния в алюминии — α -фазой, появляется β -фаза состава Al_3Mg_2 , а также соединения Mg_2Si и $CuAl_2$ (*). Данные полуколичественного определения Mg, Si и Cu в продуктах распада твердого раствора самородного алюминия из призматически-офитовых габбро-долеритов (табл. 1) и анортозитовых габбро-долеритов Биллээхской залежи, наряду с анализом наблюдаемого пространственного расположения этих элементов при сканировании поверхности препарата в соответствующем рентгеновском излучении, показывают, что в них доминирует фаза, близкая по составу к соединению Al_3Mg_2 (β -фаза). Однако есть и участки с составом, отвечающим соединению $CuAl_2$, а в редких подчиненном количестве — еще и выделения состава Mg_2Si . Хотя эти фазы образуют единую систему межзерновых (?) цепочек, они обособлены друг от друга веществом матрицы. Полуколичественным анализом продуктов распада высокотемпературного твердого раствора Mg, Al и Cu самородного алюминия из пород интрузива Биллээх установлено присутствие до 13% Cu, 6% Mg и очень редко до 6% Si, т. е. и в данном случае силицид магния вновь имеет подчиненное развитие по сравнению с

ами Al_3Mg_2 и $CuAl_2$. Растровая картина распределения в рентгеновских лучах Mg, Si и Cu в самородном алюминии из пород Биллээхского интрузива и дайки СБ-255 иллюстрирует постепенный характер границ скопленных продуктов распада, обогащенных указанными металлами, при переходе их к основной матрице.

Рентгеноструктурное изучение самородного алюминия дополнительно подтверждает правильность диагностики минерала. Результаты анализа самородного алюминия из анортзитовых габбро-долеритов Усть-Ханьинского трещинного интрузива приведены в табл. 2.

Таблица 2

Межплоскостные расстояния самородного алюминия *

Обр. ОБ-242/3		Алюминия (°)	
I	$d_{\alpha}/n, \text{ \AA}$	I	$d_{\alpha}/n, \text{ \AA}$
10	2,320	10	2,34
6-7	2,010	9	2,03
4-5	1,423	8	1,432
6-7	1,215	10	1,221
1	1,163	5	1,169

* Условия съемки: излучение FeK_{α} , диаметр камеры 57,3 мм, диаметр образца 0,2 мм, спозиция 5 ч. Анализ выполнен в кабинете рентгеноструктурного анализа Н. В. Заякиной.

Обсуждая вопрос о месте обособления самородного алюминия в природных процессах, следует прежде всего исключить из рассмотрения энгенные системы, обладающие потенциалом кислорода, достаточным для разования окисных и алюмосиликатных минералов с участием этого элемента. Термодинамическими расчетами можно проиллюстрировать, что явление самородного алюминия возможно при очень высоких температурах в системах, характеризующихся чрезвычайно низкой фугитивностью кислорода (¹⁰). Такая обстановка может реализоваться только в мантийных резко восстановительных условиях благодаря привнесу большого количества интрателлурического водорода из глубинных зон мантии.

Геологические свидетельства наличия интрателлурических потоков вещества и тепла как агентов магмообразования рассмотрены всесторонне (^{11, 12}). Находки самородного алюминия — прямое подтверждение факта интрателлурического потока вещества, представленного в основном водородом, частичное окисление которого в результате взаимодействия с кислородом ранее возникшего силикатного расплава служит дополнительным источником тепла, увеличивающим температуру силикатного расплава и тем самым облегчающим восстановление части элементов, характеризующихся высокой степенью родства с кислородом, — Si, Al и Mg, обособлением их от силикатного вещества в форме расплава. От дальнейшего уничтожения самородного алюминия, по мере роста окислительного потенциала системы, предохраняет хорошо известная способность этого металла образовывать по периферии тончайшую (почти мономолекулярную) пленку оксида, а также отсутствие в ней воды. Затем вещество самородного элемента, вероятно, консервируется в форме включений в промагматических фазах и тем самым сохраняется в метастабильном состоянии при эволюции расплава на уровнях его последующей докамерной окончатальной внутрикамерной кристаллизации. Часть обособлений самородного алюминия окисляется полностью с образованием аксессуарного рунда, чьи синие или малиновые зерна присутствуют в продуктах трапезового магматизма, в том числе и в упомянутых в данной статье интрузивах. Прямым показателем процесса металлизации базитового расплава и его взаимодействия с потоком интрателлурического вещества служит

широкий спектр упомянутых выше самородных элементов, характеризующихся различной степенью сродства с кислородом, их сплавов и соединений.

Находки самородного алюминия в продуктах базитового магматизма определенно указывают на ведущую роль водорода в потоках интрателлурического флюида и являются существенным аргументом в пользу наличия в глубинах Земли гидридных соединений (¹³, ¹⁴), которые и могли быть источником водорода интрателлурического потока вещества.

Хотя факт находок самородного алюминия в природе может показаться маловероятным и хотелось бы, в первую очередь, объяснить их загрязнением проб при обработке, авторы исключают такое допущение. Этому противоречит наблюдаемое различие состава минерала в разных интрузивах, отсутствие в нем марганца, как одного из характерных компонентов искусственных сплавов (⁸). Обнаружение самородного алюминия в базитах наряду с нахождением в них в самородном состоянии других элементов (Cu, Sn, Zn, Pb, Sb, Cd, Fe), характеризующихся различной степенью сродства с кислородом, однозначно указывает на то, что в эволюционном развитии магматических систем существует этап металлизации силикатного расплава, о котором наши знания сегодня еще весьма ограничены.

Институт геологии
Якутского филиала
Сибирского отделения Академии наук СССР
Якутск

Поступил
14 VIII 197

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Минералы. Справочник, т. 1, М., Изд-во АН СССР, 1960. ² А. А. Маракуше В кн.: Очерки физико-химической петрологии, в. 5, М., «Наука», 1975. ³ И. И. Грлинов и др., ДАН, т. 128, № 2, 453 (1976). ⁴ I. M. Bird, M. S. Weathers, Geol., v. 8 № 3, 359 (1977). ⁵ А. И. Архипова, Н. Г. Начинкин, Уч. зап. НИИГА, региональ геол., в. 3 (1964). ⁶ В. В. Олейников и др., В кн.: Геология и геохимия базитов в точной части Сибирской платформы, М., «Наука», 1973. ⁷ В. В. Олейник М. Д. Томшин, ДАН, т. 234, № 1, 178 (1976). ⁸ Промышленные, деформируемые, стечные и литейные алюминиевые сплавы. Справочное руководство, М., «Металлургия», 1972. ⁹ В. И. Михеев, Рентгенометрический определитель минералов, I «Госгеолтехиздат», 1957. ¹⁰ И. Я. Некрасов, Н. С. Горбачев, В кн.: Очерки физико-химической петрологии, в. 7, М., «Наука», 1977. ¹¹ Ю. А. Кузнецов, Э. П. Из В кн.: Проблемы петрологии и генетической минералогии, т. 1, М., «Наука», 1973. ¹² Л. Л. Перчук, Термодинамический режим глубинного петрогенеза, М., «Наука» 1973. ¹³ В. Н. Ларин, Научные собрания ИМГРЭ, в. 6, 1971. ¹⁴ Н. П. Семенов Геохимическая кислородно-водородная модель Земли, Препринт ИГФМ АН УССР Киев, 1974.