

В. Г. БОГОЛЕПОВ, И. В. ДАВИДЕНКО

**ОБ УЧАСТИИ СКВОЗЬМАГМАТИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ
И ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИ РЕГИОНАЛЬНОМ МЕТАМОРФИЗМЕ
И ГИДРОТЕРМАЛЬНОМ МЕТАСОМАТОЗЕ**

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 13 X 1972)

Процессы метаморфизма и рудообразования протекают при участии растворов. Нами был предложен новый метод определения их природы (¹, ²), основанный на следующих положениях. В подземных водах и газах содержится аргон в основном воздушного происхождения, т. е. отношение $Ar^{40}:Ar^{36}$ близко к 296. Аналогичный вывод получен Е. Я. Гавриловым и Г. И. Теплинским для углеводородных газов (³). В случае участия подземных вод и газов в формировании растворов воздушный Ar должен отмечаться также и в составе газовой-жидких включений в минералах.

На установке, схема которой описана в (²), проанализированы пробы Ar реликтов растворов (табл. 1). Рассмотрение этих данных позволяет сделать следующие выводы:

1. По процентному отношению воздушного и радиогенного Ar выделяется две группы образований. В первую попадают метаморфические породы и приуроченные к ним пегматиты и хрусталеносные жилы, а также граниты и пострудные жилы. Ко второй относятся грейзены, скарны и пегматиты, приуроченные к массивам аллохтонных гранитоидов.

2. Образование пегматитов в метаморфических породах связано с процессами гранитизации, возникновением кислых расплавов. Поэтому отсутствие воздушного аргона в пегматитообразующих расплавах-растворах свидетельствует об отсутствии влияния подземных или седиментогенных вод в метаморфических процессах, т. е. о правомерности гипотезы П. Термье, Д. С. Коржинского и Д. Ферхугена, согласно которой предполагается существование притока растворов и тепла из глубин в области или пояса метаморфизма. А это значит, что указанные пояса приурочиваются к местам, где на глубинах происходят активные процессы в мантии, и что, следовательно, существует связь строения и развития коры с процессами в верхней мантии — связь, на которую указывал В. В. Белоусов (⁵). Сохранение повышенных тепловых потоков в таких областях от докембрия до наших дней (⁶) свидетельствует о продолжении глубинных процессов в течение всей геологической истории земной коры. Следствием этого и является наличие ювенильных струй, давших кварцевые жилы с горным хрусталем и появившихся гораздо позднее прохождения процессов метаморфизма и гранитизации. Приведенные в табл. 1 данные не могут быть объяснены гипотезами Н. Г. Судовикова, Г. Винклера и К. Менерта, утверждающими, что метаморфогенные воды являются основными в рассматриваемых процессах.

3. Увеличение роли воздушного аргона в газовой-жидких включениях новообразований поясов метаморфизма отмечается в следующих случаях. I. Если метаморфические толщи и находящиеся в них пегматиты были подвержены более поздним процессам преобразования в регрессивную стадию жизни этих поясов. Такое омоложение отчетливо улавливается разницей геологического абсолютного возраста омоложенных пород. Для районов Мамы и Мугоджар по геологическим представлениям возраст определяется как протерозойский, а по результатам К—Ar-метода — от 440—540 млн лет

Результаты определений изотопного состава аргона в газовой-жидких включениях минералов и пород

Таблица 1

№ п.п.	Объект исследования	Места взятия проб	Исслед. минерал (порода)	Число проб	Аг, 10 ⁻³ мм ³ на 1 г породы	Интервалы вскрытия включений, °C		Воздушный Аг, в % от общ. колич. во включениях		
						а	б	а	б	в
1	Пегматиты в метаморфических породах	Кольский, г. Лейвова, тела №№ 2, 125, 212	Кварц	7	4,14—17,81	160—350	360—600	$\frac{13,3}{0,7—36,8}$	$\frac{8,0}{1,4—26,0}$	$\frac{10,8}{1,0—27,3}$
2	То же	Кольский, г. Риколатва, тело № 531	»	5	9,50—33,95	160—350	360—600	$\frac{4,7}{0,2—15,3}$	$\frac{9,9}{0,0—31,4}$	$\frac{6,0}{0,1—21,7}$
3	» »	Карелия, Малиновая ва-рака, тело № 154	»	3	9,50—9,60	0—600		—	—	$\frac{1,0}{1,0—1,1}$
4	» »	Мамско-Чуйский район, Колотовское, Согдиондонское	»	2	0,46—4,77	180—350	360—620	$\frac{8,0}{2,7—13,5}$	$\frac{21,9}{2,8—42,9}$	$\frac{10,4}{2,7—18,1}$
5	» »	Мугоджары, Тулепсай, Милисай, Каинды, Карасай	»	6	0,14—0,66	120—370	380—600	$\frac{73,0}{50,8—92,5}$	$\frac{55,9}{31,8—83,4}$	$\frac{62,6}{42,0—89,3}$
6	Пегматиты в гранитах среди метаморфических пород	Волянь, тело № 350	Кварц блоковой и сотовый	4	1,62—6,87	0—620		—	—	$\frac{4,5}{1,2—6,7}$
7	То же	То же	Кварц из погребов	6	0,51—1,24	0—600		—	—	$\frac{32,6}{16,2—42,5}$
8	Кварцит метаморфический	Аладанский цит	Кварцит	1	1,26	0—600		—	—	0,0
9	Хрусталеносные жилы альпийского типа в амфиболитах	Полярный Урал, Сура Из	Кварц из погребов	1	1,47	60—260 430—550	260—430	$\frac{35,3}{24,7}$	24,7	—
10	Граниты среди осадочных пород	Казахстан	Граниты	1400	0,1—100	Плавление		—	—	$\frac{5,0}{1,0—20,0}$
11	Пострудные кварцевые жилы в гранитах среди осадочных пород	Казахстан, Акчатау	Кварц	3	1,65—3,71	120—340	360—600	$\frac{76,3}{64,2—88,6}$	$\frac{12,0}{7,0—17,4}$	$\frac{18,6}{16,2—23,0}$

12	Пегматиты редкометал- ные в гранитах среди осадочных пород	Казахстан, Белогорское, ж. Восточная	Кварц	8	0,64—2,30	180—380	400—600	$\frac{60,7}{57,0-68,4}$	$\frac{62,2}{58,3-68,6}$	—
13	Пегматиты в гранитах среди осад. пород	Казахстан, Бектаута	»	8	0,10—0,25	170—360	370—600	$\frac{68,5}{59,5-89,5}$	$\frac{74,8}{45,9-77,4}$	$\frac{74,5}{73,2-75,9}$
14	То же	Казахстан, Акчатау	»	4	0,48—0,61	150—340	360—600	85,0	71,0	86,5
15	Грейзены в гранитах среди осадочных по- род	То же	Кварц-топазовые и кварцевые грейзены	46	0,25—0,71	180—340	360—600	$\frac{89,5}{86,7-95,2}$	$\frac{62,2}{31,0-88,2}$	$\frac{68,8}{34,6-89,0}$
16	То же	Казахстан, Кара-Оба	Кварц жильный	6	0,26—0,64	180—350	370—600	$\frac{74,1}{70,8-76,9}$	$\frac{61,7}{58,7-62,9}$	$\frac{68,8}{66,8-71,5}$
17	Жилы в гранитах среди карбонатных пород	Хакассия, Сорское	То же	7	0,80—0,82	190—650	—	—	—	$\frac{50,3}{20,5-92,4}$
18	То же	То же	Флюорит	1	1,34	120—460	—	—	—	53,8
19	Скарны в осад. породах	Казахстан, Гульшад	Кварц	2	0,95—1,10	120—170	290—480	94,0	95,4	—

Примечание. Образцы для исследований были любезно предоставлены: № 3 — А. С. Пиканоровым, № 4 — П. Н. Сучковым, № 5 — И. А. Ефимовым, № 6, 7 — А. И. Захарченко, № 8 — А. М. Дымкиным, № 9 — Т. А. Карикиной, № 12 — В. И. Гайдиной и Э. Я. Полювяным, № 17, 18 — В. И. Сотниковым и Э. Я. Полювяным. Анализ проб и обработка результатов произведены Э. Я. Полювяным в лаборатории геохимии изотопов (заведующий лабораторией Б. М. Найденов). Определение изотопии аргона, извлеченного из казахстанских гранитов (№ 10), произведено в лаборатории геохимии изотопов Казахского института минерального сырья. Над чертой — среднее, под чертой — пределы, а — низкотемпературные включения, б — высокотемпературные, в — без разделения.

(⁶⁻⁸). II. При разгерметизации полостей тел камерных пегматитов, возникающих в результате деятельности ювенильных растворов, и подсоса в них неагматогенных летучих компонентов (⁹).
4. Посторогенные гранитные массивы находятся в откоженных верхнего структурного этажа. Очаги маломасштабного формирования расплава, в интенсивно метаморфизованных породах нижнего структурного этажа. Эти очаги представляли собой области гранитизации метаморфических пород, происходившей, как показано Д. С. Коржинским, при участии сквозьмагматических растворов. Воды и газы седиментогенного происхождения в этих процессах не участвовали, так как еще до гранитизации восходящими геозотермами они были отогнаны вверх и гранитизирующиеся метаморфические породы были уже практически безводными. О справедливости этих выводов свидетельствует отсутствие воздушного Ar в газах, извлеченных из гранитов. В гранитах газы находились в виде включений в минералах; Ar в них был как собственный, так и тот, который образовался из K⁴⁰ в калийсодержащих минералах и попал в газовую фазу только при плавлении гранита. Вероятно, такое происхождение и имеют растворы, приуроченные к тектоническим зонам (где также происходит разрушение кристалличес-

ских решеток минералов), из которых были образованы кварцевые порфироидные жилы в гранитах.

5. В пегматообразующих растворах, из которых в аллохтонных гранитных массивах формировались пегматиты, содержится значительное количество воздушного Ar . Вовлечение подземных вод на магматическом этапе становления интрузий можно представить в следующем виде. Вначале по тектоническим зонам глубокого заложения внедрилась гранитная магма. Уравновешивание внутреннего давления магмы с внешним привело к ее остановке. Термальный прогрев вокруг вторичного магматического очага отгонял все трещинные и капиллярные метеорные воды и образовывал ореол сухих пород, в пределах которого при участии поровых вод (¹⁰) возникали роговики. Последующее охлаждение расплава, полимеризация и кристаллизация (¹¹) привели к сокращению его объема и опусканию изотерм вокруг магматического очага, что дало толчок к подтоку подземных вод в ранее осушенные околоинтрузивные породы. Из-за наличия свода в апикальной части интрузии возникал вакуум, который по истечении некоторого времени и при появлении значительной разницы во внутреннем и внешнем давлении ликвидировался путем разгерметизации свода и подсоса легколетучих соединений из вмещающих пород. Растворение летучих компонентов в магме приводило к понижению температуры начала кристаллизации, а значит и к перерыву процесса. Так возникали многофазные интрузивы. Отделение летучих от магмы шло при полимеризации расплава еще в жидкую стадию (¹¹). Поэтому выделившиеся растворы скапливались у контактов между гранитами и кровлей или между отдельными фазами кристаллизации. Здесь же впоследствии образовались пегматиты.

6. В грейзеновых и скарновых месторождениях, так же как и в магматических пегматитах, содержания воздушного Ar в газовой-жидких включениях значительны. Однако механизм вовлечения подземных вод в магматический и послемагматический этапы различны. Большинство массивов сопровождается слабым гистерогенным разложением породы. Крупные скопления пегматитов или руд связаны с интрузиями, которые приурочиваются к палеоводообильным участкам земной коры (¹²). Поэтому возникновение месторождений является следствием патологического протекания процессов. Если учесть, что в метаморфических породах, возникших при участии ювенильных растворов, главными полезными компонентами являются пьезокварц и слюда, то сопоставление этих фактов заставляет усомниться в магматогенном источнике многих металлов, так как иначе распределение месторождений было бы обратным.

В заключение авторы благодарят Б. М. Найдену и Э. Я. Полювянну за производство анализов, советы и критический просмотр рукописи.

Казахский научно-исследовательский институт минерального сырья
Алма-Ата

Поступило
11 X 1972

Кольский филиал им. С. М. Кирова
Академии наук СССР
Апатиты

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. Г. Боголепов, Б. М. Найдену, Э. Я. Полювянну, Вестн. АН КазССР, № 12 (1970). ² В. Г. Боголепов, Б. М. Найдену, Э. Я. Полювянну, Тр. Всесоюз. н.-и. инст. синтеза мин. сырья, 14 (1971). ³ Е. Я. Гаврилов, Г. И. Теплинский, Геохимия, № 4 (1973). ⁴ Б. Г. Поляк, Я. Б. Смирнов, ДАН, 168, № 1 (1966). ⁵ В. В. Белоусов, Вестн. АН СССР, № 5 (1970). ⁶ Ю. М. Соколов, Метаморфогенные мусковитовые пегматиты, «Наука», 1970. ⁷ Т. П. Семенова, Возраст горных пород некоторых районов Казахстана, 1969. ⁸ И. А. Ефимов, Г. М. Бурд, Сов. геология, № 11 (1970). ⁹ Б. М. Найдену, В. Г. Боголепов и др., Геохимия, № 6 (1972). ¹⁰ Ф. К. Шипулин, Геол. рудн. месторождений, № 3 (1960). ¹¹ В. А. Нарсеев, Вулканизм и глубинное строение Земли, «Наука», 1966. ¹² В. Г. Боголепов, Геология, геохимия и минералогия медно-порфировых месторождений Казахстана, Алма-Ата, 1969. ¹³ Е. А. Басков, В. Е. Ветштейн и др., Третий Всес. симпозиум по применению стабильных изотопов в геохимии, М., 1970. ¹⁴ М. Неймайр, История Земли, 1, СПб, 1899, стр. 146. ¹⁵ В. И. Сотников, Э. Я. Полювянну, А. А. Прокуряков, Геология и геофизика, № 2 (1973).