

А. И. ГИНЗБУРГ

О МИНЕРАЛАХ — ГЕОХИМИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРАХ И ИХ ЗНАЧЕНИИ ПРИ ПОИСКАХ РУД РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В ПЕГМАТИТАХ

(Представлено академиком Д. И. Щербаковым 9 III 1954)

При поисках руд редких и рассеянных элементов, связанных с пегматитами, большую помощь могут оказать некоторые обычные минералы-индикаторы, по наличию которых можно делать заключение о вероятности нахождения в данных телах руд редких элементов. Известно, что поиски таких руд представляют большие трудности, так как последние встречаются в пегматитах спорадически, иногда в пределах только отдельных участков или зон, которые могут при данном эрозионном срезе и не выходить на дневную поверхность.

Известны многочисленные случаи, когда пегматитовые тела с поверхности не содержали минералов редких элементов или последние появлялись в небольшом количестве в виде мелкой вкрапленности, которую легко можно было пропустить при поисках; при более же детальном изучении они оказывались промышленными. В связи с этим возникает вопрос, можно ли по изучению некоторых часто встречающихся ярко окрашенных и бросающихся в глаза аксессуарных или порообразующих минералов делать заключение о вероятности появления в этих пегматитах редкометального оруденения.

Детальное изучение минералогии пегматитов позволяет положительно ответить на вопрос и установить целый ряд таких минералов-индикаторов, по которым можно производить оценку пегматитов с точки зрения вероятности появления в них руд тех или иных редких металлов.

Таким замечательным минералом, свидетельствующим о протекавших в пегматитах процессах минералообразования, является турмалин. В пегматитах, где не проявились процессы замещения, встречаются обычно только черные турмалины — шерлы. При интенсивном развитии альбитизации, с которой гинетически связано появление оловорудного и тантало-ниобиевого оруденения, в пегматитах получают широкое распространение синие (индиголит) или зеленые (верделит) турмалины.

Наконец, при широком развитии процесса лепидолитизации, обычно сопровождаемого специфическими рудными минералами, содержащими цезий, литий, рубидий, тантал, в них появляются розовые, красные (рубеллит) или полихромные турмалины. Таким образом, турмалин является чувствительным индикатором, реагирующим на происходящие в пегматитах процессы, меняя при этом свою окраску. Как известно, окраска турмалина обусловлена различным содержанием в нем FeO , MnO , а также появлением в небольших количествах Fe_2O_3 и Mn_2O_3 . Поскольку в ходе эволюции пегматитового процесса происходит закономерное понижение содержания FeO и увеличение содержания MnO до определенного предела (максимальное количество MnO в минералах выделяется в стадию альбитизации), а затем к концу процесса резкое понижение его и частично окисление до Mn_2O_3 , то соответственно с этим по мере разви-

тия пегматитового процесса происходит изменение окраски турмалина от черной до синей, зеленой, бесцветной и розовой.

Следовательно, по нахождению различно окрашенных турмалинов в пегматитовых жилах или в их свалах можно говорить о возможности появления в этих жилах вполне определенных руд редких элементов.

В качестве другого примера таких минералов-индикаторов можно привести появление в поверхностных участках пегматитовых тел большого количества черных, темнобурых или темнофиолетовых вторичных фосфатов железа и марганца (гетерозит, пурпурит и сиклерит), образующихся вследствие окисления минералов группы трифилина — литиофилита. Последние же являются типичными спутниками берилла, колумбита или сподумена и во многих случаях образуют большие (до 0,5 м и более) неправильные по форме выделения, иногда желваки, с поверхности пегматитовых тел нацело превращенные в сиклерит или гетерозит — пурпурит. Вокруг таких выделений все минералы пегматитов пронизаны черными пленками окислов и гидроокислов марганца. Таким образом, появление черных фосфатов свидетельствует большей частью о рудоносности жил и о возможности появления в них берилла, колумбита, сподумена.

Появление в пегматитах высокой концентрации тех или иных редких элементов зависит, в первую очередь, от первоначальной концентрации их в исходной магме, т. е. от геохимических особенностей провинции и от дальнейшей геохимической истории этих элементов. При анализе возможности появления в пегматитах редких и рассеянных элементов всегда следует помнить, что при эволюции магматического очага часть этих редких элементов захватывается порообразующими или акцессорными минералами магматических пород, другая же часть остается в остаточном расплаве и переходит в пегматиты; наконец, несомненно, что некоторое количество их переходит в пневматолитовые и гидротермальные образования. Таким образом, появление в пегматитах тех или иных редких металлов зависит в значительной степени от состава акцессорных минералов магматических пород и от степени развития гидротермальных и пневматолитовых образований, связанных с данным магматическим очагом.

Рассмотрим случай, когда в силу тех или иных причин концентрация какого-либо из редких элементов в пегматитовом остатке резко возрастает. В этом случае наблюдается целый ряд весьма характерных и важных закономерностей, которые по существу являются следствием закона действующих масс и сводятся в основном к следующему: 1) Элемент повышенной концентрации образует не только свои собственные кристаллические постройки, но в повышенном количестве входит в виде изоморфной примеси в кристаллические решетки других минералов. 2) Минералы, содержащие элемент повышенной концентрации, отличаются широким диапазоном выделения и часто образуются на многих, а в некоторых случаях почти на всех стадиях пегматитового процесса. 3) Нормальная последовательность выделения минералов, содержащих элемент повышенной концентрации, при этом нарушается, сдвигается; минералы, обычно образующиеся на поздних стадиях процесса, могут начать выделяться и значительно раньше.

Для поисков редких металлов в пегматитах особенно важно первое правило. Многочисленные анализы многих обычных акцессорных минералов в пегматитах показывают, что по содержанию в них тех или иных редких металлов можно часто судить о наличии в жилах соответствующих руд этих элементов, т. е. эти акцессорные минералы играют роль своеобразных геохимических индикаторов, позволяющих оценивать отдельные тела и даже целые пегматитовые поля с точки зрения вероятности нахождения в них определенных редких металлов. Приведем ряд примеров.

1) Общеизвестно, что все лепидолиты всегда содержат некоторое количество Cs и Rb, которые замещают K в решетке слюды, при этом обычно Cs : Rb в них варьирует от 1 : 10 до 1 : 20. Однако лепидолиты из пегматитов, содержащих большое количество поллуцита, всегда сильно обогащены Cs и соотношение Cs : Rb в них обычно приближается к 1 : 1 (4). Следовательно, по содержанию Cs в лепидолитах можно делать вывод о возможности нахождения в жилах поллуцита.

2) Работами С. А. Боровика (3), Л. Х. Аренса и У. Р. Либенберга (1) доказано, что в слюдах всегда содержится небольшое количество олова, причем некоторая часть его присутствует в виде мельчайших зерен касситерита, а другая — в виде изоморфной примеси в кристаллической решетке, возможно, в шестерной координации. Весьма характерно, что слюды из пегматитов, обогащенных касситеритом, содержат до 0,4—0,5% SnO_2 , в то время как в пегматитах неоловоносных содержание Sn в слюдах ничтожно. Таким образом, по содержанию Sn в слюдах можно говорить о вероятности появления в этих жилах касситерита.

3) Советскими минералогами (2,5) доказано, что важной типоморфной примесью касситерита в пегматитах являются Nb и Ta, которые постоянно в них присутствуют в виде мельчайших вростков минералов группы колумбита-танталита. Как правило, в касситеритах пегматитовых жил $\text{Nb} > \text{Ta}$, однако в провинциях, богатых Ta, и касситериты обычно содержат $\text{Ta} > \text{Nb}$. Следовательно, по соотношению Nb : Ta в касситеритах можно оценивать отдельные пегматитовые поля с точки зрения их танталоносности.

4) Общеизвестно, что в спессартинах из пегматитовых жил содержится часто повышенное содержание Y, обусловленное проявлением своеобразного гетеровалентного изоморфизма: YAl замещает MnSi. Однако примеры богатых Y спессартинов, приводимые Г. Джаффом (7), ясно показывают, что наиболее обогащены Y ранние спессартины из пегматитов, содержащих ксенотим, фергусонит, таленит, гадолинит, тенгерит, иттриалит и другие иттриевые минералы, т. е. спессартин можно рассматривать как своеобразный индикатор на Y. Сходную со спессартином роль, только для Sc, играет ортит, постоянно концентрирующий в себе Sc, как это было давно еще показано В. М. Гольдшмидтом (6).

Таким образом, лепидолит может рассматриваться как своего рода геохимический индикатор на цезий, мусковит — на олово, ранний спессартин — на иттрий, ортит — на скандий и т. д. Несомненно, что дальнейшие геохимические работы позволят сильно расширить количество этих важных для поисков минералов-индикаторов.

Минералогический музей
Академии наук СССР

Поступило
8 III 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. Х. Аренс, У. Р. Либенберг, Сборн. Редкие элементы в изверженных горных породах и минералах, 1952. ² А. М. Болдырева, Тр. ИГН АН СССР, в. 54 (1941). ³ С. А. Боровик, ДАН, 14, № 6 (1937). ⁴ А. И. Гинзбург, Тр. Мин. муз., в. 5 (1953). ⁵ Ив. Ф. Григорьев, Е. И. Доломанова, Тр. Мин. муз., в. 3 (1951). ⁶ В. М. Гольдшмидт, Сборн. статей по геохимии редких элементов, 1938. ⁷ Г. В. Джафф, Сборн. Редкие элементы в изверженных горных породах и минералах, 1952.