

А. И. ГРАБЕЖЕВ, П. В. ПОКРОВСКИЙ

**СВЯЗЬ ХАРАКТЕРА МЕТАСОМАТИЗМА И РУДОНОСНОСТИ  
МЕТАСОМАТИТОВ ПНЕВМАТОЛИТО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА С ФАЦИАЛЬНОСТЬЮ ГРАНИТОИДОВ**

*(Представлено академиком Д. С. Коржинским 25 V 1971)*

Изучение метасоматизма редкометальных месторождений, связанных с гранитами одного формационного типа и возраста, но разной глубины становления, представляет существенный интерес для познания условий рудообразования и установления критериев научного прогнозирования при поисках новых месторождений.

В пределах Восточно-Уральского поднятия, протянувшегося в меридиональном направлении на 1500 км, на редкометальных пневматолито-гидротермальных месторождениях наблюдается устойчивая зависимость (<sup>1, 2</sup>) характера метасоматизма от фациальности верхнепалеозойских негидризованных гранитов нормальной щелочности. Так, с батолитовыми глубинными гранитами ассоциируют простые жильные Мо — W-месторождения, характеризующиеся отсутствием ранних высокотемпературных площадных щелочных процессов и повышенной щелочностью раствора в стадию околотрещинного преджильного метасоматоза, когда по гранитам образуются мусковит-альбит-микроклиновые метасоматиты (первый тип метасоматизма). С гипабиссальными массивами гранитов связаны жильно-штокверковые Мо — Cs — Nb-месторождения, которым свойственно широкое развитие ранних щелочных процессов и кислотный характер метасоматоза в околотрещинную преджильную стадию, когда по гранитам формируются кварц-мусковитовые грейзены (второй тип метасоматизма).

Характер рудоносности метасоматитов, связанных с гранитами различной фациальности, заметно различен.

На Среднем Урале находятся два редкометальных рудных района, связанных с глубинными гранитами верхнепалеозойской гранитной формации. С глубинными (4—5 км — по геологическим построениям М. С. Рапопорта) гранитами Коневско-Карасьевской группы массивов связаны жильные молибден-вольфрамовые с акцессорным бериллом месторождения Боевско-Биктимировского рудного пояса (<sup>1, 3</sup>), характеризующиеся метасоматизмом первого типа. Граниты и сформировавшиеся по ним и по вмещающим породам околотрещинные преджильные метасоматиты внешних и внутренних (альбититы, микроклиниты, мусковитовые метасоматиты) зон метасоматических колонок содержат статистически одинаковые и близкие к кларковым концентрации (табл. 1) Nb, Ta, Sn, Cs. Rb, F, а также Li и Be привносятся при околотрещинном метасоматозе. Проявление ряда черт меньшей глубины формирования на одном из месторождений Боевско-Биктимировской зоны сопровождается обогащением метасоматитов Cs (28—85 г/т), а также Li.

Другая группа жильных месторождений и зона Nb — Ta-пегматитов находится в восточном контакте крупной батолитовой глубинной верхнепалеозойской гранитной интрузии второго среднеуральского редкометального района. В мусковит-альбитовых метасоматитах по гранитам, мусковитовых метасоматитах по сланцам, как и в метасоматитах месторождений Боевско-Биктимировской группы месторождений, содержания Nb, Ta, Sn,

Таблица 1

Распределение редких элементов в гранитах и околотрещинных метасоматитах жильных месторождений Боевско-Биктимировской рудной зоны, связанной с глубинными гранитами (г/т)

Параметры распределения	Nb	Ta	$\frac{Nb}{Ta}$	Sn	Rb	Cs	F
$n$	$\frac{14}{31}$	$\frac{4}{8}$		$\frac{31}{90}$	$\frac{14}{34}$	$\frac{3}{9}$	$\frac{31}{90}$
$\bar{x}$	$\frac{17}{18}$	$\frac{2,4}{2,4}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{180}{370}$	$\frac{<20}{<22}$	$\frac{900}{8700}$
$S$					$\frac{50}{160}$		$\frac{790}{7000}$
$V$					$\frac{0,28}{0,43}$		$\frac{0,88}{1,0}$

Примечание. Над чертой — данные по гранитам, под чертой — околотрещинным метасоматитам внешних и внутренних (микроклиниты, альбититы, мусковитовые метасоматиты) зон колонок преджильного этапа метасоматоза. Распределение Nb и Sn логнормальное, соответственно:  $\bar{x} = \frac{14}{16}$  и  $\frac{5}{6}$ ,  $\lg x = \frac{1,15}{1,20}$  и  $\frac{0,71}{0,79}$ ,  $\lg S = \frac{0,08}{0,08}$  и  $\frac{0,16}{0,29}$ .

Таблица 2

Распределение редких элементов в гранитах и метасоматитах месторождений второй среднеуральской рудной зоны (г/т)

№№ п.п.	Параметры распределения	Nb	Ta	$\frac{Nb}{Ta}$	Sn	Rb	Cs	F
1	$n$	6	6	6	4	6	6	6
	$\bar{x}$	$\frac{10}{(7-14)}$	$\frac{2,2}{(0,8-3)}$	4,5	$\frac{11}{(7-20)}$	$\frac{290}{(220-360)}$	$\frac{<33}{25-45}$	$\frac{27000}{(10000-50000)}$
2	$n$	22	14		6	17	15	
	$\bar{x}$	$\frac{94}{(7-270)}$	$\frac{52}{(5-160)}$	1,8	$\frac{31}{(3-120)}$	$\frac{1930}{(400-5500)}$	$\frac{222}{(40-380)}$	
3	$n$	$\frac{22}{11}$	$\frac{19}{12}$		$\frac{17}{11}$	$\frac{14}{7}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{10}{8}$
	$\bar{x}$	$\frac{51,6}{15,0}$	$\frac{3,0}{2,5}$	$\frac{17}{6}$	$\frac{6,0}{6,4}$	$\frac{150}{210}$	$\frac{<13}{<25}$	$\frac{1000}{4100}$
	$S$	$\frac{—}{7,6}$	$\frac{1,9}{1,0}$		$\frac{2,6}{2,1}$	$\frac{45}{—}$		$\frac{590}{3600}$
	$V$	$\frac{—}{0,51}$	$\frac{0,63}{0,40}$		$\frac{0,43}{0,35}$	$\frac{0,30}{—}$		$\frac{0,59}{0,88}$

Примечание. № 1 — околотрещинные метасоматиты мусковит-альбитового состава по гранитам и мусковитового по сланцам месторождения, связанного с глубинными гранитами. № 2 — околотрещинные мусковитовые и флогопитовые слюдиты по ультрабазитам месторождений, связанных с гипабиссальным массивом, № 3 — альбитизированные двуслюдяные граниты и альбититы по ним раннего площадного этапа (над чертой) и околотрещинные метасоматиты (под чертой) по гранитам месторождения, связанного с гипабиссальным массивом.

Rb, Cs близки к содержаниям в исходных породах, в то время как содержания F, а также Be и Li несколько выше (см. табл. 2, № 1).

Мусковит-альбитовые метасоматиты по гранитам вольфрамового жильного месторождения Красный Огородник, приуроченного к батолитовой Суудукской интрузии (Южный Урал), также содержат невысокие концентрации Nb (7—35 г/т), Sn (7—18), Cs (22—50).

Гораздо более высокие концентрации Nb, Ta, Sn, редких щелочей могут фиксироваться в жильно-штокверковых и штокверковых месторождениях,

характеризующихся иным (вторым) типом метасоматизма и ассоциирующихся с гипабиссальными интрузиями.

В рудопроявлениях, находящихся в гранитах, интенсивно проявлены апогранитные процессы, вплоть до образования ранних альбититов; в околотрещинную стадию по гранитам образуются мусковитовые и кварц-мусковитые грейзены. Околотрещинные метасоматиты по серпентинитам представлены мусковитовыми и флогопитовыми слюдитами. На Среднем Урале такие месторождения связаны с поясом мелких гипабиссальных гранитных массивов, протягивающихся в меридиональном направлении на 150—200 км (второй среднеуральский рудный пояс) и секущих глубинные батолитовые гранитные массивы. Это гидротермально-пневматолитовые месторождения и Ta — Nb-апограниты.

Ранние альбититы и апограниты (в понимании А. А. Беуса) месторождений, находящихся в гранитах, характеризуются высокими содержаниями Nb (50—200 г/т), хотя концентрации Ta в одних месторождениях составляют 10—30, в других же всего 2—3 г/т (см. табл. 2, № 3). В преджильный этап на одном из таких месторождений по гранитам формируются кварцсодержащие мусковитовые метасоматиты с различным содержанием кварца и с низкими концентрациями Nb ( $\bar{x} = 15$  г/т), Ta ( $\bar{x} = 2,5$ ), Sn ( $\bar{x} = 6,4$ ), Rb ( $\bar{x} = 210$ ), Cs ( $\bar{x} = <25$ ). В то же время, в рядом расположенных многочисленных телах флогопитовых слюдитов по серпентинитам наблюдаются весьма высокие концентрации не только Nb ( $\bar{x} = 94$  г/т) и Ta ( $\bar{x} = 52$ ), но и Rb ( $\bar{x} = 1930$ ), Cs ( $\bar{x} = 222$  г/т), а также Sn ( $\bar{x} = 31$ ) и некоторых других элементов.

В южной части Восточно-Уральского поднятия — в пределах Орского Урала — редкометальные месторождения обычно характеризуются многоэтапным, штокверковым характером минерализации, связью с малыми верхнепалеозойскими интрузиями гранит-порфиров и лампрофиров, а соответственно и метасоматизмом второго типа с нередко высокими концентрациями в ранних метасоматитах и мусковит-кварцевых грейзенах Sn, Nb, Ta, Cs, Li. Так, на одном из гюбнерит-молибденовых месторождений Орского Урала <sup>(2)</sup> грейзенизированные граниты и мусковит-кварцевые грейзены содержат повышенные концентрации Nb (см. табл. 3), Ta, Cs, Rb и низкие Be и F. Кварц-мусковитовые грейзены других рудопроявлений Орского Урала также содержат повышенные концентрации Cs (до 100 г/т).

Наконец, Башкироводольский массив аляскитов (Южный Урал), находящийся к востоку от Суундукской интрузии, является четко гипабиссальным, характеризуется широким развитием площадных процессов и образованием в околотрещинный этап мощных тел мусковит-кварцевых грейзенов с высоким содержанием Sn (см. табл. 3), хотя концентрации Nb ( $\bar{x} = 19$  г/т), Ta ( $\bar{x} = 1,8$ ) и редких щелочей близки к кларковым для гранитов. Грейзены характеризуются низким содержанием F ( $\bar{x} = 800$  г/т) и Be ( $\bar{x} = 3,1$ ).

Таким образом, фаціальность гранитов <sup>(6)</sup> может в значительной степени определять характер метасоматизма и рудообразования. Не останавливаясь здесь на детальном обсуждении теоретической стороны вопроса, отметим только, что для рассматриваемого района решающую роль в концентрации рудного элемента при отделении и эволюции постмагматического раствора, по-видимому, играют не повышенные концентрации рудного элемента в граните, а условия становления гранитных массивов, и прежде всего величина внешнего давления и относительного градиента давления. Действительно, глубинные и гипабиссальные граниты восточного склона Урала характеризуются <sup>(2)</sup> близкими и притом кларковыми концентрациями Nb, но являются одинаково потенциально рудоносными. Однако в связи с гипабиссальными гранитами Nb и Ta концентрируются в пневматолито-гидротермальных месторождениях, в то время как с глубинными гранитами ассоциируют Ta — Nb-пегматиты, а концентрации Nb и

Распределение редких элементов в гранитах и кварц-мусковитовых грейзенах редкометалльных месторождений Южного Урала, связанных с гипабиссальными гранитами (г/т)

№№ л.п.	Параметры распределения	Nb	Ta	$\frac{Nb}{Ta}$	Sn	Rb	Cs	F	Be
1	n	$\frac{7}{12}$	$\frac{—}{3}$		$\frac{6}{16}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{—}{4}$	$\frac{7}{19}$	$\frac{8}{41}$
	$\bar{x}$	$\frac{20}{19}$	$\frac{—}{1,8}$	$\frac{—}{10}$	$\frac{22}{60}$	$\frac{150}{140}$	$\frac{—}{<25}$	$\frac{280}{800}$	$\frac{4,3}{3,1}$
	S	$\frac{—}{6,4}$			$\frac{—}{47}$			$\frac{—}{330}$	$\frac{—}{1,1}$
	V	$\frac{—}{0,34}$			$\frac{—}{0,79}$			$\frac{—}{0,41}$	$\frac{—}{0,36}$
2	n	$\frac{6}{20}$	$\frac{5}{—}$		$\frac{10}{34}$				$\frac{10}{30}$
	$\bar{x}$	$\frac{26}{39}$	$\frac{7,0}{5,9}$	$\frac{3,7}{6,6}$	$\frac{36}{259}$	$\frac{4}{12}$	$\frac{10}{29}$		$\frac{5,3}{11,7}$
	S	$\frac{—}{28}$		$\frac{25}{340}$		$\frac{220}{910}$	$\frac{27}{47}$		$\frac{4,6}{14,6}$
	V	$\frac{—}{0,72}$		$\frac{0,70}{1,30}$					$\frac{0,87}{1,25}$

Примечание. Над чертой — граниты и гранит-порфиры, под чертой — грейзенизированные породы и грейзены. № 1 — Башкироводольское касситеритовое рудопроявление (Суиндукская интрузия); № 2 — гюбнерит-молибденитовые месторождения Орского Урала.

Ta в пневматолито-гидротермальных месторождениях глубинных массивов крайне низки.

Относительный градиент давления ( $\gamma$ ) в апикальных частях гипабиссальных массивов значительно выше (в 2—3 раза), чем глубинных, что приводит к концентрации здесь флюидов и развитию ранних площадных апогранитных процессов (<sup>1</sup>, <sup>2</sup>, <sup>3</sup>), сопровождающихся уменьшением концентрации щелочей в растворе. Поэтому pH раствора в последующий оклотрецинный этап на глубинных месторождениях выше (образуются щелочные метасоматиты), чем в гипабиссальных (образуются кварц-мусковитовые грейзены). Повышенная же щелочность раствора в среднетемпературный этап на месторождениях, связанных с глубинными гранитами, способствует не концентрации, а рассеянию Nb, Ta, Sn, комплексы которых, судя по экспериментальным данным И. В. Александрова, И. Н. Говорова, В. Л. Барсукова, весьма устойчивы в среднетемпературных щелочных растворах.

Институт геологии и геохимии им. А. Н. Заварицкого  
Уральского научного центра Академии наук СССР  
Свердловск

Поступило  
20 V 1971

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> А. И. Грабежев, П. В. Покровский, Сборн. Проблемы метасоматизма, Л., 1969. <sup>2</sup> А. И. Грабежев и др., Сборн. Ежегодн. Инст. геол. и геохим. УФАИ СССР, Свердловск, 1970. <sup>3</sup> П. В. Покровский и др., Сборн. Путевод. Свердловской экскурсии по Уральск. петрогр. совещ., ч. II, Свердловск, 1966. <sup>4</sup> Д. В. Рундквист, Зап. Всесоюзн. мин. общ., 95, в. 5 (1966). <sup>5</sup> А. И. Грабежев, П. В. Покровский, ДАН, 189, № 3 (1969). <sup>6</sup> Д. С. Штейнберг и др., Зап. Всесоюзн. мин. общ., 97, в. 4 (1968). <sup>7</sup> С. Н. Иванов, Сборн. Магматическ. формации, метаморфизм, металлогения Урала, 1, Свердловск, 1969.