

А. М. Беляев, В. В. Гавриленко

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОЛОВА И НЕКОТОРЫХ ДРУГИХ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОРОДАХ ГРАНИТОГНЕЙСОВЫХ КУПОЛОВ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ

Оловянное оруденение, известное на территории Северного Приладожья, локализуется в скарнах и апоскарновых метасоматитах среди пород сортавальской серии, окаймляющих гранитогнейсовые купола. Источником рудного вещества традиционно считается Салминский массив гранитов рапакиви, для которого достаточно полно охарактеризованы закономерности распределения химических элементов и их поведение в процессах магматической дифференциации [1—3 и др.]. Вместе с тем в литературе отсутствуют систематические данные о распределении химических элементов в породах купольных структур, в том числе и сведения о поведении олова в геологических процессах, предшествующих внедрению гранитов рапакиви.

Ранее было показано, что при микроклинизации плагиоклазовых гнейсов купольных структур происходит существенное перераспределение химических элементов, в ряде случаев сопровождавшееся выносом из них вольфрама, который затем накапливался в породах, обрамляющих купола [4, 5]. Изучение закономерностей распределения олова и некоторых других редких элементов в породах, слагающих купольные структуры, было предпринято с целью выявления геохимической специфики пород и процессов кремне-калиевого метасоматоза в оловорудном районе по сравнению с безрудным.

В Северном Приладожье насчитывается около двух десятков купольных структур, представляющих собой овальные в плане выходы гранитогнейсов, гнейсовидность и полосчатость которых субпараллельна облекающим их породам сортавальской серии. Часть исследователей считают гранитогнейсы куполов архейскими образованиями, мигматизированными, частично реоморфизованными и тем или иным способом внедрившимися в перекрывающие их протерозойские толщи [6—9 и др.], другие относят гранитогнейсы и обрамляющие их породы сортавальской серии к единому структурному этажу, отвечающему по возрасту верхнему архею или нижнему протерозою, а сами купола рассматривают как ядра брахиантиклинальных складок [10]. Центральные части купольных структур сложены плагиоклазовыми гнейсами, микроклин-плагиоклазовыми гранитогнейсами и плагио-микроклиновыми гнейсогранитами, которые связаны между собой постепенными переходами. Кроме того, в строении куполов принимают участие многочисленные линзовидные и пластообразные тела амфиболитов, переслаивающихся с гранитогнейсами. Они образуют кольцевые структуры, сланцеватость и полосчатость которых субпараллельна породам обрамления, и по своему минеральному составу, петрохимическим и геохимическим особенностям аналогичны амфиболитам сортавальской серии [10]. Местами внутрикупольные амфиболиты и амфиболиты сортавальской серии из обрамления куполов, так же как и плагиогнейсы, претерпели метасоматические преобразования, выразившиеся в микроклинизации плагиоклаза и биотитизации роговой обманки.

Кремне-калиевый метасоматоз в пространстве проявлен неравномерно. Обычно значительную часть территории купольных структур слагают розовые микроклин-плагиоклазовые гранитогнейсы, а неизменные плагиоклазовые породы встречаются лишь в виде реликтов в лежащих боках складчатых структур. В Латвасюрском куполе микроклинизации подвержена преимущественно периферическая его часть, а в центре развиты плагиоклазовые гнейсы [5]. Среди микроклинизированных пород в разных куполах выделяются плагио-микроклиновые гнейсограниты, которые рассматриваются как результат более интенсивной гранитизации исходных пород и, возможно, частичного их плавления. Возраст кремне-калиевого метасоматического преобразования пород установлен К—Аг - методом по биотитам и микроклину и составляет 1713—1813 млн. лет [11].

Нами были изучены две группы купольных структур, пространственно разобщенные субмеридиональной зоной складчатости. В восточной (Питкьярантской) группе объединены Кокосельская, Питкьярантская, Пусунсарская, Юляристинская и Люппиковская купольные структуры, в обрамлении которых (в скарнах) установлены оловорудные месторождения и рудопоявления. К западной (Сортавальской) группе отнесены Латвасюрская, Йокирантская и Кирьявалахтинская купольные структуры, в связи с которыми не известна оловянная минерализация. Кроме того, гранитогнейсы внутри каждой из выделенных групп характеризуются близкими соотношениями изотопов свинца, а между группами по данным изотопного анализа имеются существенные различия [12].

Содержания химических элементов в плагиогнейсах, микроклин-плагиоклазовых гранитогнейсах и плагио-микроклиновых гнейсогранитах приведены в таблице. Как из нее следует, плагиоклазовые разновидности этих пород в целом характеризуются пониженными в 1,5—2 раза относительно кларка для гранитоидов, по А. П. Виноградову (1962), концентрациями таких элементов, как литий, рубидий, иттрий, цирконий, ниобий, торий, бериллий, галлий и германий. Остальные элементы находятся на околокларковом уровне. Кроме того, из таблицы видно, что плагиогнейсы из двух разных групп куполов отличаются по содержанию элементов-примесей. Проверка значимости различий, осуществлявшаяся с помощью критерия Стьюдента при уровне, равном 0,05, показала, что плагиоклазовые гнейсы восточной группы куполов отличаются от аналогичных пород из западной группы повышенными содержаниями урана и молибдена и пониженными рубидия, иттрия, олова, бериллия, галлия. Отмеченные различия концентраций элементов в сходных петрографических разновидностях неизменных плагиогнейсов куполов западной и восточной групп могут быть объяснены первичной геохимической специализацией гнейсовых толщ в различных блоках земной коры.

В микроклин-плагиоклазовых гранитогнейсах, сформированных в процессе кремне-калиевого метасоматоза по исходным плагиогнейсам, содержания большинства из приведенных элементов близки к кларковым, однако концентрации лития, иттрия, циркония, ниобия, тория, бериллия, галлия и германия меньше кларковых концентраций этих элементов в гранитоидах (по А. П. Виноградову, 1962). Особо следует отметить повышенные почти в 2 раза относительно кларковых содержания серебра и молибдена, характерные как для плагиогнейсов, так и для микроклин-плагиоклазовых гранитогнейсов восточной группы куполов.

В плагио-микроклиновых гнейсогранитах, геохимически изученных в восточной группе купольных структур, по сравнению с плагиогнейсами и микроклин-плагиоклазовыми гранитогнейсами статистически значимо повышаются концентрации калия, рубидия, серебра, германия, тория и олова, а содержания натрия и стронция отчетливо снижаются. Следует отметить, что тот же самый качественный набор элементов и характер их количественных изменений отмечается и для процессов превращения плагиогнейсов в микроклин-плагиоклазовые гранитогнейсы. Такое закономерное изменение концентраций указанных групп элементов от плагиогнейсов к гранитогнейсам и к гнейсогранитам указывает на генетическую взаимосвязь выделенных групп пород, отражающих разные стадии метасоматического преобразования исходного гнейсового субстрата.

Процессы кремне-калиевого метасоматоза в обеих группах купольных структур имеют сходные черты: от неизменных плагиогнейсов к гранитогнейсам и гнейсогранитам отчетливо увеличиваются концентрации калия, рубидия, тория и галлия, а понижаются — натрия и стронция. Вместе с тем в зависимости от района проявления метасоматические процессы имеют и определенные различия. Так, при микроклинизации плагиогнейсов в восточной группе купольных структур статистически значимо повышаются концентрации серебра, германия и олова, чего не наблюдается при микроклинизации плагиогнейсов западной группы. Сравнительный анализ концентраций элементов в микроклин-плагиоклазовых гранитогнейсах различных групп купольных структур показывает, что породы восточной группы отличаются от аналогичных пород из западной группы повышенными концентрациями урана, тория, серебра, молибдена, германия и пониженными концентрациями иттрия и галлия. Таким

образом, для микроклин-плагиоклазовых гранитогнейсов из разных групп купольных структур устанавливается определенный набор химических элементов, характеризующий, с одной стороны, унаследованную геохимическую специфику гнейсового субстрата и, с другой — геохимические особенности кремне-калиевого метасоматоза.

Остановимся несколько подробнее на распределении таких элементов, как молибден, серебро и олово, поскольку для первого из них известна акцессорно-молибденитовая минерализация в гранитогнейсах восточной группы куполов, а для двух других — рудные концентрации в скарнах Питкярантского района [1].

Содержания молибдена во всех петрографических разновидностях пород (от плагиогнейсов до микроклин-плагиоклазовых гранитогнейсов и плагиомикроклиновых гнейсогранитов) остаются постоянными как для западной, так и для восточной групп куполов. При этом его концентрации в неизмененных и метасоматически преобразованных породах практически постоянны. Следовательно, процессы кремне-калиевого метасоматоза не отражаются на концентрациях молибдена. Во всех петрографических разновидностях пород восточной группы куполов содержания молибдена превышают кларк в 2 раза и более, тогда как для западной группы его концентрации находятся на околокларковом уровне. Таким образом, минералого-геохимическая специализация гранитогнейсов и гнейсогранитов из восточной группы куполов может рассматриваться как унаследованная от исходных плагиогнейсов.

Более сложный характер имеет распределение серебра. Его содержания имеют тенденцию к повышению в процессах кремне-калиевого метасоматоза исходных плагиогнейсов в восточной группе куполов. При этом средние концентрации серебра в восточной группе куполов примерно в 2 раза выше, чем в западной. Следовательно, геохимическая специализация в отношении серебра пород восточной группы купольных структур может быть частично унаследованной от плагиогнейсов, а частично связанной с особенностями процессов кремне-калиевого метасоматоза. Вполне возможно, что породы, слагающие ядра купольных структур указанной группы, могли служить потенциальным источником металла для серебряного оруденения.

Особенно важным является изучение особенностей распределения олова в породах восточной группы куполов. Как следует из таблицы, содержания олова статистически значимо возрастают в процессе кремне-калиевого метасоматоза: от 1,6 г/т в плагиогнейсах до 3 г/т в гранитогнейсах и, наконец, до 4,1 г/т в гнейсогранитах. В породах куполов западной группы существенного изменения содержания олова при микроклинизации исходных пород не наблюдается. Очевидно, что растворы, приводившие к микроклинизации гнейсов в восточной группе куполов, содержали повышенное количество олова, которое в соответствии с представлениями В. Л. Барсукова [13] могло переноситься в виде комплексных соединений типа $K_2[Sn(OH,F)_6]$. Вопрос о форме нахождения олова в гранитогнейсах требует дополнительного исследования, однако можно предположить, что, как и в обычных гранитоидах, главным минералом-носителем этого элемента в данном случае является биотит.

Определенный интерес представляют данные о концентрации олова в амфиболитах сортавальской серии из обрамлении куполов и внутрикупольных в восточной части района. Так, средние содержания олова во внутрикупольных амфиболитах составляют 4,2 г/т (по 18 определениям и при разбросе значений от 1,5 до 15 г/т), а и сортавальских — 2,8 г/т (среднее из 8 определений при колебаниях от 1,5 до 8,2 г/т). При микроклинизации и биотитизации указанных групп амфиболитов в среднем повышения концентрации олова не наблюдается, но они остаются на достаточно высоком уровне: 3,9 г/т для внутрикупольных амфиболитов (среднее из 8 определений) и 4 г/т для амфиболитов сортавальской серии (среднее из 4 определений), при этом колебание частных значений остается по-прежнему большим: от 1,5 до 14 г/т. Такие высокие содержания олова в амфиболитах куполов и сортавальской серии, в среднем превышающие кларк этого элемента для основных пород (по А. П. Виноградову, 1962) более чем в 2 раза, вряд ли являются случайными. По-видимому, олово в составе гидротермальных растворов находилось в подвижной форме и способно было образовывать локальные концентрации в благоприятной геохимической обстановке. Значительные дисперсии со-

держаний олова в амфиболитах могут быть объяснены неравномерным распределением главного минерала-носителя этого элемента— биотита, образующегося при метасоматическом преобразовании рассматриваемых пород.

В западной группе купольных структур при микроклинизации плагиогнейсов привнес олова не осуществлялся. Заметим, что в данной группе не выявлена и оловянная минерализация.

Анализ приведенного материала позволяет сделать следующие выводы:

1) гранитогнейсы Питкярантской и Сортавальской групп куполов различны в геохимическом отношении. Это объясняется, с одной стороны, первичной геохимической спецификой гнейсового субстрата и, с другой — особенностями проявления в нем процессов кремне-калиевого метасоматоза;

2) кремне-калиевый метасоматоз, происходивший в породах купольных структур в интервале времени 1713—1813 млн. лет назад, способствовал увеличению содержания в них калия, рубидия, тория и уменьшению количества стронция. В зависимости от района проявления кремне-калиевый метасоматоз имеет свою геохимическую специфику, выражающуюся в том, что в восточном оловорудном районе он приводит к повышению в метасоматически преобразованных породах концентраций олова и серебра, а в безрудном западном районе подобного явления не наблюдается. Таким образом, привнес рудных компонентов в породы куполов и их обрамления в Питкярантском районе осуществлялся еще до внедрения гранитов, рапакиви, с которыми обычно связывается оловянное оруденение.

Summary

It has been revealed that the concentrations of tin and other trace elements in the gneisses of Pitkyaranta group of domes and in the gneisses of Sortavala group of domes are different. It has been shown that the concentration of tin was increasing in the process of Si-K metasomatic alteration of Pitkyaranta group but was not increasing during Si-K alteration of Sortavala group.

Литература

1. Хазов Р. А. Геологические особенности оловянного оруденения Северного Приладожья. Л., 1973. 87 с.

2. Свириденко Л. П. Петрология Салминского массива гранитов рапакиви (в Карелии). Петрозаводск, 1908. 116 с.

3. Беляев А. М., Львов Б. К. Минералого-геохимическая специализация Салминского массива гранитов рапакиви. - Вести. Ленингр. ун-та, 1981, № 6, с. 15—24.

4. Гавриленко В. В., Калинин Г. И., Скублов Г. Т. О вольфрамоносности Северо-Западного Приладожья. Сов. геология, 1980, № 12. с. 52—59.

5. Гавриленко В. В., Барабанов В. Ф. Минералого-геохимические особенности гранитогнейсов Латвасюрского купола (Северо-Западное Приладожье). - Вести. Ленингр. ун-та, 1980, № 18, с. 39—46.

6. Eskola P. The problem of mantled gneiss domes. — Quart. Geol. Soc. London, 1948, vol. 104, p. 461-476.

7. Судовиков Н. Г. Тектоника, метаморфизм, мигматизация и гранитизация пород ладожской формации. — Труды ЛАГЕД АН СССР, 1954, вып. 4. 199 с.

8. Кратц К. О. Геология карелид Карелии. — Труды ЛАГЕД АН СССР, 1963, вып. 16. 210 с.

9. Григорьева Л. В., Шинкарев Н. Ф. Условия образования купольных структур в Приладожье. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1981, № 3, с. 41—50.

10. Беляев А. М. Внутренняя структура и вопросы генезиса гранитогнейсовых куполов Северного Приладожья. — В кн.: Гранитогнейсовые купола. Иркутск, 1983, с. 78—79.

11. Розанов К. И., Смирнова Н. В., Вороновский С. Н. Радиологический возраст докембрийских гранитоидных формаций и оловянно-полиметаллического оруденения в Северном Приладожье (по данным К—Аг - метода).— В кн.: Геохронология Восточно-Европейской платформы и сочленения Кавказо-Карпатской системы. М., 1978, с. 101 — 113.

12. Гавриленко В. В., Лапшин С. Г. Методы корреляции гранитоидов Северного Приладожья на основе геохимических и изотопно-спектральных данных. — В кн: Геохимические методы корреляции. Минск, 1982, с. 46—50.

13. Барсуков В. Л. Основные черты геохимии олова. М., 1974. 150 с.

Статья поступила в редакцию 8 июня 1984 г.

группы куполов	названия пород (к-во анализов)	K	Na	Li	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	U	Th	Sn	Be	Ag	Mo	Ga	Ge
Восточная (Питкяранская)	Плаггиогнейсы (5)	$\frac{1.1}{0.4}$	$\frac{4.0}{0}$	$\frac{19}{10}$	$\frac{52}{21}$	$\frac{327}{171}$	$\frac{6}{3}$	$\frac{129}{92}$	$\frac{12}{2}$	$\frac{3.6}{1.3}$	$\frac{12}{10}$	$\frac{1.6}{0.3}$	$\frac{1.5}{0.1}$	$\frac{0.25}{0.1}$	$\frac{4.2}{1.0}$	$\frac{16}{2.5}$	$\frac{1.0}{0.4}$
	Микроклин-плаггиоклазовые гранито-гнейсы (34)	$\frac{3.4}{0.45}$	$\frac{3.15}{0.32}$	$\frac{21}{16}$	$\frac{147}{48}$	$\frac{255}{82}$	$\frac{8}{6}$	$\frac{142}{74}$	$\frac{9}{6}$	$\frac{3.2}{0.7}$	$\frac{14}{10}$	$\frac{3.0}{1.3}$	$\frac{1.6}{0.7}$	$\frac{0.34}{0.01}$	$\frac{3.0}{1.4}$	$\frac{18}{2.4}$	$\frac{1.6}{0.4}$
	Плаггиоклаз-микроклиновые гнейсо-граниты (14)	$\frac{4.62}{0.9}$	$\frac{2.63}{0.58}$	$\frac{23}{10}$	$\frac{217}{45}$	$\frac{191}{74}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{183}{95}$	$\frac{12}{8}$	$\frac{3.5}{1.2}$	$\frac{24}{10}$	$\frac{4.1}{2}$	$\frac{1.4}{0.5}$	$\frac{0.32}{0.1}$	$\frac{3.9}{2.8}$	$\frac{19}{4.1}$	$\frac{1.7}{0.5}$
Западная (Сортавальская)	Плаггиогнейсы (6)	$\frac{1.6}{0.6}$	$\frac{3.43}{0.46}$	$\frac{22}{10}$	$\frac{117}{35}$	$\frac{386}{149}$	$\frac{14}{6}$	$\frac{145}{28}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{1.5}{0.9}$	$\frac{4}{1.3}$	$\frac{3.2}{0.9}$	$\frac{2.8}{1.1}$	$\frac{0.17}{0.04}$	$\frac{1.7}{1.5}$	$\frac{22}{3.6}$	$\frac{1.2}{0.3}$
	Микроклин-плаггиоклазовые гранито-гнейсы (24)	$\frac{3.56}{1.03}$	$\frac{2.95}{0.72}$	$\frac{20}{16}$	$\frac{128}{20}$	$\frac{294}{158}$	$\frac{13}{1}$	$\frac{131}{20}$	$\frac{7}{1}$	$\frac{1.6}{0.8}$	$\frac{6}{1.6}$	$\frac{2.9}{2.2}$	$\frac{1.9}{0.6}$	$\frac{0.18}{0.07}$	$\frac{1.2}{0.7}$	$\frac{26}{4.2}$	$\frac{1.3}{0.4}$

Примечание: К и Na — в процентах, остальные элементы — в г/т. Цифра над чертой — средние значения, под чертой — стандартные отклонения. К, Na, Li, Rb - определены методом пламенной фотометрии; Sr, Y, Zr, Nb, U, Th — рентгеноспектральным анализом (ЦЛ ПГО «Невскгеология»); Sn, Be, Ag, Mo, Ga, Ge - количественным спектральным анализом (ЦЛ ПГО «Севзапгеология»),