

**ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ, ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ  
ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ГРАНИТОВ И РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ  
ПЕГМАТИТОВ ВОСТОЧНО-САЯНСКОГО ПОЯСА  
(ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ, РОССИЯ)**

**В.М. Макагон**

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 664033, г. Иркутск, а/я 304, ул. Фаворского, 1А Иркутск*

Изучены геохронологические, геохимические и генетические взаимоотношения гранитоидов и редкометалльных пегматитов в Восточно-Саянском поясе. Гранитные массивы сложены гранодиоритами, биотитовыми и двуслюдяными гранитами, а также биотитовыми и амфибол-биотитовыми рапаквивиподобными гранитами. Пегматитовые поля сподуменовый подформации находятся в юго-восточной части пояса, а петалитовая подформация объединяет пегматиты северо-западных полей. Установлен большой возрастной интервал между временем формирования гранитоидов саянского комплекса и редкометалльных пегматитов. Их геохимическая связь отсутствует. Пегматиты образовались из особых пегматитовых расплавов, формировавшихся в глубинных очагах.

*гранитоиды, редкометалльные пегматиты, взаимоотношения, Восточно-Саянский пояс*

**GEOCHRONOLOGICAL, GEOCHEMICAL AND GENETIC  
INTERRELATIONS OF GRANITES AND RARE-METAL PEGMATITES IN THE  
EAST SAYAN BELT (EASTERN SIBERIA, RUSSIA)**

**V.M. Makagon**

Geochronological, geochemical and genetic interrelations of granites and rare-metal pegmatites were studied in the East Sayan belt. Granite massifs are composed by granodiorites, biotite and two-mica granites, and also biotite and amphibol-biotite rapakiwi-like granites. Pegmatite fields of spodumene subformation occur in south-east part of belt, and petalite subformation unites pegmatites of north-west fields. A significant time gap of rare-metal pegmatite formation from granitoid of the sayansk complex origination is established. Their geochemical connection is absent. Pegmatites are formed from special pegmatite melts arising in deep centres.

*granitoids, rare-metal pegmatites, interrelations, the East Sayan belt*

В Восточно-Саянском пегматитовом поясе выделяются поля редкометалльных сподуменовых и петалитовых пегматитов. К подформации сподуменовых редкометалльных пегматитов относятся Урикское, Белореченское, Бельское, Гольцовое, Белотагнинское и Малореченское пегматитовые поля, расположенные в юго-восточной части пояса в пределах Урикско-Ийского грабена. Первые два поля относятся к литиевому эволюционному геохимическому ряду согласно классификации В.Е. Загорского с соавторами [2], Бельское – к тантал-олово-литиевому, а Гольцовое, Белотагнинское и Малореченское поля – к комплексному (Ta–Cs–Li) ряду. Петалитовая подформация включает Вишняковское и Александровское пегматитовые поля, расположенные на северо-западе Восточно-Саянского

пояса – в Елашском грабене, являющемся частью Тагул-Туманшетской подвижной зоны [1]. Первое из этих полей относится к комплексному ряду, второе – к фосфор-тантал-литиевому.

В Урикско-Ийском грабене южной окраины Сибирского кратона находятся Урикский, Зимовнинский, Далдарминский и Калгинский массивы гранитоидов саянского комплекса, вблизи которых распространены поля редкометалльных пегматитов: около Урикского – Урикское поле, около Зимовнинского – Гольцовое, Белореченское и Бельское, около Далдарминского – Малореченское и около Калгинского – Калгинское. Массивы гранитоидов подразделяются на однофазовые и двухфазовые. Первые сложены в основном гранодиоритами, их представителем является Зимовнинский массив. Для двухфазовых массивов характерны как диориты и гранодиориты (1 фаза), так и биотитовые и двуслюдяные граниты (2 фаза), одним из них является Далдарминский массив. Двуслюдяные граниты широко распространены также в Урикском и Калгинском массивах. Геохимическая эволюция гранитоидов в массивах выражается в накоплении Rb и Cs от первой фазы ко второй и снижении содержаний Ba, Sr, REE, Zr, Hf, Ni, Co, V и Cr. Содержания Li, Ta и Nb при этом возрастают в одних массивах и понижаются в других. Распределение редкоземельных элементов в гранодиоритах характеризуется отсутствием европиевой аномалии или отрицательная аномалия слабо выражена, тогда как в двуслюдяных гранитах четко проявлена отрицательная европиевая аномалия. Кроме того в грабене наблюдаются малые интрузии гранодиоритов и тоналитов, характеризующиеся высокими содержаниями Ba, Sr и REE с одной стороны и Li, Cs, Sn и F – с другой, что отражает первоначально высокие концентрации последней группы элементов в магме, из которой эти гранитоиды формировались.

На северо-западе Восточно-Саянского пояса – в Елашском грабене находится Елашско-Тенишетский массив гранитоидов саянского комплекса, считающегося материнским для редкометалльных пегматитов региона. К нему пространственно тяготеет Вишняковское пегматитовое поле. Гранитоиды этого массива представлены амфибол-биотитовыми гранодиоритами и биотитовыми низкощелочными гранитами. Геохимия гранодиоритов близка к описанной для массивов Урикско-Ийского грабена. Александровское поле находится вблизи контакта Топорокского массива, сложенного биотитовыми и амфибол-биотитовыми гранитами. С ними ассоциируют дайки гранит-порфиров, расположенные и в Вишняковском поле. Эти породы резко отличаются от описанных ранее гранитоидов. Их геохимические особенности близки к геохимической характеристике гранитов рапакиви. Для них характерны повышенная щелочность по K (особенно в дайках), высокие содержания Rb, Ba, а также REE, Nb, Zr, Hf и F. Кроме того гранит-порфиры обогащены Ni, Co, Cr, V. Для гранитоидов Топорокского массива и даек характерны низкие содержания Sr и Pb. Распределение REE в этих гранитоидах характеризуется сильной отрицательной европиевой аномалией, особенно в дайках гранит-порфиров.

Поля сподуменовых пегматитов в Урикско-Ийском грабене контролируются зонами глубинных разломов. Пегматитовые жилы недифференцированы или слабо

дифференцированы. Геохимическое изучение сподуменовых пегматитов показало, что пегматитовые расплавы, из которых формировались эти пегматиты, были экстремально обогащены редкими элементами (Li, Rb, Cs, Nb, Ta, Be, Sn), хотя в разных полях они отличались первоначальной обогащенностью редкими металлами. Это явилось причиной различной редкометалльной специализации пегматитовых полей. Комплексные пегматиты Гольцового поля характеризуются повышенными содержаниями Rb, Cs и Ta по сравнению с литиевыми пегматитами и Rb, Cs по сравнению с тантал-олово-литиевыми. Редко встречающиеся в пегматитах сподуменовой подформации зональные жилы подчеркивают эту генетическую особенность. Жила 21 Урикского поля литиевых пегматитов формировалась из расплава с относительно низкими содержаниями Rb, Cs, Ta и Nb, и только в процессе внутрикамерной дифференциации в результате концентрирования Cs и Ta в ее центральной зоне образовались поллуцит и манганотанталит. В залегающей субвертикально главной жиле литиевых пегматитов Белореченского поля также наблюдается накопление Ta и Nb только на верхнем горизонте в заключительной порции расплава, из которого эти пегматиты формировались. В то же время геохимические данные показывают, что в жиле 19 («Музейной») Белотагнинского поля расплав при формировании зональной жилы комплексных пегматитов уже первоначально был резко обогащен Rb, Cs и Ta, а также летучими компонентами (F, H<sub>2</sub>O, P).

Вишняковское поле северо-западной части пояса относится к комплексному геохимическому ряду. Главным фактором, определяющим его положение, является контроль зоной влияния двух пересекающихся глубинных разломов северо-западного и северо-восточного простирания. Строение наиболее крупных жил характеризуется асимметричной зональностью. Дифференциация зон по химическому составу очень резкая, что наиболее отчетливо характеризуется отношением Na<sub>2</sub>O / K<sub>2</sub>O, которое изменяется в разных зонах в несколько десятков раз. Геохимическую специфику пегматитов поля определяют высокие концентрации Ta и Rb. Особенности состава минералов, концентрирующих Li (алюмосиликаты и фосфаты лития и слюды), Rb и Cs (калиевые полевые шпаты и слюды), Be (берилл), Ta и Nb (тантало-ниобаты), указывают на очень высокую степень дифференциации расплава, из которого образовались пегматиты Вишняковского поля. Эти пегматиты отличаются большим разнообразием ниобий-танталовой минерализации, в которой преобладают разновидности, наиболее обогащенные танталом.

Возраст гранитоидов саянского комплекса, полученный U-Pb методом по циркону из гранодиоритов Барбитайского массива, составляет 1,86 млрд лет [3]. Нами получен Rb-Sr методом возраст гранитов Далдарминского массива 1,82 млн лет. Учитывая, что при этом анализировались пробы в основном биотитовых гранитов 2 фазы, полученный нами возраст закономерно моложе, чем возраст гранодиоритов 1 фазы, определенный U-Pb методом по циркону. Rb-Sr возраст редкометалльных пегматитов в различных полях отличается: для пегматитов Бельского поля он равен 1782 млн лет, а Гольцового – 1686 млн лет. Эти геохронологические данные вместе с данными по возрасту гранитоидов саянского комплекса указывают на значительный интервал между временем становления гранитов и

формирования редкометалльных пегматитов и на разновозрастность редкометалльных пегматитов различных полей, причем наиболее поздними являются комплексные пегматиты, тогда как литиевые и тантал-олово-литиевые образовались значительно раньше.

Возраст гранитоидов Елашско-Тенишетского массива, относящихся к саянскому комплексу, по данным В.В. Брынцева составляет 2120-1960 млн лет [1]. Вблизи Вишняковского пегматитового поля также расположены дайкообразные тела более молодых рапакивиподобных гранитов, выделяемых В.В. Брынцевым в елашский комплекс с возрастом 1780 млн лет. О.М. Туркина с соавторами [5], выделяя I- и A-граниты среди раннепротерозойских гранитоидов региона, определяет возраст первых 1870 млн лет, а вторых – около 1750 млн лет. I-граниты в пегматитовых полях представлены гранодиоритами, а A-граниты – рапакивиподобными гранитами, однако их возраст непосредственно в пегматитовых полях не определялся. Rb-Sr возраст пегматитов Вишняковского поля составляет 1490 млн лет, а зон экзоконтактового изменения амфиболитов около пегматитов – 1480 млн лет [4]. Таким образом, и в Урикско-Ийском, и в Елашском грабенах возраст пегматитов значительно моложе, чем гранитоидов, и можно говорить об автономности процесса формирования редкометалльных пегматитов от гранитного магматизма, образовавшего гранитоиды саянского комплекса.

Переходя к генетическим особенностям редкометалльных пегматитов, необходимо подчеркнуть следующее:

1) большой временной интервал между становлением гранитов саянского комплекса и рапакивиподобных гранитов елашского комплекса, с одной стороны, и редкометалльных пегматитов – с другой;

2) большой объем пегматитового материала в пегматитовых полях;

3) отсутствие зональности пегматитовых полей относительно массивов гранитоидов;

4) контроль положения пегматитовых полей зонами глубинных разломов;

5) отсутствие связи между геохимическими особенностями гранитоидов и редкометалльных пегматитов: около одного массива гранитоидов наблюдаются пегматитовые поля с различной геохимической специализацией и около геохимически различных массивов – близкие по специализации поля;

6) экстремальное обогащение пегматитов гранитофильными элементами;

7) очень неравномерное распределение в пегматитовых жилах и их сериях как петрогенных, так и редких элементов при высокой первоначальной щелочности расплавов, обогащенных летучими, а также редкими металлами (Li, Rb, Cs, Ta, Nb, Be, Sn).

Приведенные материалы не согласуются с гипотезой образования редкометалльных пегматитов в процессе фракционирования гранитной магмы, из которой формировались массивы гранитоидов как саянского, так и более позднего елашского комплексов, и указывают на отсутствие “материнских” гранитов для изученных пегматитов. Они наиболее корректно объясняются гипотезой образования этих пегматитов из пегматитовой магмы, являющейся результатом длительного процесса преобразования гранитных расплавов в

глубинных очагах под воздействием мантийных и/или нижнекоровых флюидов, обогащенных гранитофильными элементами.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ и Администрации Иркутской области (грант № 14-45-04144 – Сибирь).*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Брынцев В.В. Докембрийские гранитоиды Северо-Западного Присяянья // Новосибирск: Наука, 1994. 184 с.
2. Загорский В.Е., Макагон В.М., Шмакин Б.М. Систематика гранитных пегматитов // Геология и геофизика, 2003. Т. 44. № 5. С. 422–435.
3. Левицкий В.И., Мельников А.И., Резницкий Л.З. и др. Посткинematические раннепротерозойские гранитоиды юго-западной части Сибирской платформы // Геология и геофизика, 2002. Т. 43. № 8. С. 717–731
4. Макагон В.М., Лепин В.М., Брандт С.Б. Рубидий-стронциевое датирование редкометалльных пегматитов Вишняковского месторождения // Геология и геофизика, 2000. Т. 41. № 12. С. 1783–1789.
5. Туркина О.М., Ножкин А.Д., Баянова Т.Б. Источники и условия образования раннепротерозойских гранитоидов юго-западной окраины Сибирского кратона // Петрология, 2006. Т. 14. № 3. С. 284–306.