

ТИПОМОРФНОЕ ЗНАЧЕНИЕ СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ КАЛИЕВОГО ПОЛЕВОГО ШПАТА ИЗ ГРАНИТОИДОВ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ (КТСЗ)

Типоморфные признаки минералов можно использовать как критерии условий образования и оценки вероятной рудоносности магматических систем. В связи с этим впервые детально исследованы методами порошковой дифрактометрии и микрондогового анализа калиевые полевые шпаты (КПШ), одни из основных породообразующих минералов гранитоидов Новосибирского Приобья. Полученные данные позволяют дополнить и уточнить характеристики условий образования гранитоидного магматизма Кольвань-Томской складчатой зоны.

Ключевые слова: калиевые полевые шпаты; дифрактометрия; триклинная и моноклинная упорядоченность.

Кольвань-Томская складчатая зона (КТСЗ), к которой относятся исследованные гранитоиды Новосибирского Приобья, расположена на крайнем северо-западе Алтае-Саянской складчатой области и входит совместно с Калба-Нарымской зоной в Центрально-Западносибирскую складчатую систему. Новосибирское Приобье – массивы Кольванский, Барлакский, Обской, Новосибирский, располагаются в западной части КТСЗ в области основного прогиба [1].

В настоящее время доказано, что типоморфные признаки минералов можно использовать как критерии условий образования и оценки вероятной рудоносности геологических объектов. Применение соответствующих методов исследования породообразующих минералов позволяет получить информацию об эволюции физико-химических условий становления гранитных массивов и сопоставить результаты изучения генетически родственных массивов между собой.

Полевые шпаты исследовались методом микрондогового анализа и порошковой дифрактометрии по стандартной методике [2], позволяющей получить серию характеристик (степень однородности калишпатовой фазы, ее триклинность и упорядоченность, валовой состав, соотношение и состав фаз). Съёмка и расшифровка рентгенограмм проводились автором (Т.С. Небера) на дифрактометре ДРОН-3 на отфильтрованном (Ni-фильтр) медном излучении. Напряжение на трубке 30 кV, ток 18 мА. Образец снимался дважды: общая рентгенограмма в области углов 2θ (18–54°) со скоростью 4°/мин и в области углов 2θ (28–32°) и (40–52°) со скоростью 1°/мин. В качестве внешнего эталона использовался кварц.

Так как распределение алюминия, содержание и распределение натриевого компонента, определяющие структурные особенности полевых шпатов, являются функцией условий формирования, то получаемые структурные характеристики отражают эти условия и служат критерием для сравнения полевых шпатов из различных массивов. Химический состав изучался с помощью микрондогового анализа (более 200 определений).

Калиевые полевые шпаты (КПШ). Калиевые полевые шпаты, наряду с плагиоклазами – важнейшие минералы гранитоидов Новосибирского Приобья. Микроскопически КПШ представлены пертитизированными разностями. Среди пертитов можно выделить пертиты распада (поперечно-струйчатые, пятнисто-струйчатые, прожилковые, микропрожилковые), пертиты замещения и сегрегационные пертиты. В более крупных пертитах проявляются хорошо заметные двойники. На

границе зерен КПШ и плагиоклаза иногда отмечаются мирмекиты (Обской массив).

Исследовались КПШ практически из всех разновидностей пород: из основной массы, порфириковых выделений порфиридных граносиенитов, биотитроговообманковых гранитов, аплитовидных гранитов, пегматитов Новосибирского, Обского массивов; из биотитовых лейкогранитов и аплитовидных гранитов Кольванского, Барлакского массивов и Мочищенского штока. В настоящее время КПШ рассматриваются как упорядочивающиеся серии твердых растворов с непрерывным изменением значений степени упорядоченности. Процессы упорядочения приводят к моноклинно-триклинной инверсии, колебаниям оптических свойств и т.д. В связи с этим определение структурных характеристик имеет большое значение для определения условий образования КПШ и в конечном итоге для расшифровки петрогенезиса содержащих их пород.

Степень триклинности ($\Delta\rho$) КПШ гранитоидов Новосибирского Приобья изменяется от 0 до 0,87 (табл. 1). По этому признаку они делятся на моноклинные с характерным одиночным пиком (131) на дифрактограмме и промежуточные (по уширению максимума 131). Отчетливое триклинное состояние наблюдается только в КПШ пегматитовых выделениях Кольванского массива, $\Delta\rho$ в этом случае равна 0,87 (табл. 1). Моноклинные КПШ составляют основную часть гранитоидов Новосибирского и Обского массивов, даже КПШ из пегматитов Обского массива моноклинные (промежуточные ортоклазы). Некоторое отклонение от моноклинной симметрии характерно для КПШ из лейкогранитов Мочищенского штока ($\Delta\rho = 0,3-0,6$). Степень триклинности изученных КПШ может рассматриваться в качестве отличительного признака. Для массивов Новосибирский и Обской (для всех типов пород, включая и аплитовидные граниты, пегматоидные выделения) она стабильна ($\Delta\rho = 0$), т.е. несет определенную типоморфную нагрузку. Исключение составляют лейкограниты Мочищенского штока (Новосибирский массив), в КПШ которых иногда наблюдается отклонение от моноклинной симметрии. При микроскопическом изучении это выражается в появлении крипторешетчатого двойникования. Диапазон колебаний $\Delta\rho$ в этом случае достаточно узок (0,3–0,6).

Определение только степени триклинности $\Delta\rho$ КПШ не дает полной информации об их структурном состоянии, т.к. $\Delta\rho = 0$ для всех моноклинных КПШ независимо от распределения в них Al. Поэтому дополнительно рассчитывалась моноклинная упорядоченность $\Delta Z = 1,47 (9,38 - \Delta 2\theta_{060-204})$.

Состав, оптические и рентгенографические характеристики каликатровых полевых шпатов гранитоидов Новосибирского Приобья

№ образца, порода, фаза	К-во обр.	2V _{кр}	Δ _p	2Θ ₍₀₆₀₎	2Θ ₍₂₀₄₎	2Θ ₍₂₀₁₎	ΔZ	Al			Состав калицевой фазы		Валовой состав (рентг.)	T°C	
								t ₁₀	t _{1m}	t ₂₀ = t _{2m}	Рентген	Микрозонд		[7]	[6]
Обской массив (Новосибирский карьер)															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Граносиенит (о. ф.)	4	45–44	0	41,74–41,72	50,81–50,80	21,07–21,05	0,50–0,52	0,364	0,364	0,136	Or ₈₁ Ab ₁₉ [–] Or ₈₃ Ab ₁₇	Or ₈₄ Ab ₁₅ Al _{10,3} Ch _{1,3} Or ₈₆ Ab ₁₃ Al _{10,3} Ch _{1,2}	Or ₈₀ Ab ₂₀	500	550
Граносиенит, порфири-видные выделения	6	46–44	0	41,76–41,74	50,78–50,80	21,03–21,02	0,56–0,58	0,382	0,382	0,118	Or ₈₅ Ab ₁₅ [–] Or ₈₇ Ab ₁₃	Or ₈₄ Ab ₂₅ Al _{10,4} Ch _{1,0} Or ₈₆ Ab ₂₃ Al _{10,3} Ch _{0,7}	Or ₈₀ Ab ₂₀	500	540
НБ-6(1) (о. ф.)	1	30	0	41,85	50,94	21,09	0,43	0,356	0,356	0,143	Or ₈₁ Ab ₁₉	Or ₈₇ Ab ₁₂ Al _{10,1} Ch _{1,0}	Or ₉₀ Ab ₁₀	400	500
НБ-6(2), м/з гранит (третья фаза)	1	50	0	41,9	50,85	21,1	0,63	0,408	0,408	0,092	Or _{80,5} Ab _{19,5}	Or ₇₈ Ab ₂₁ Al _{10,2} Ch _{0,3}	Or ₈₀ Ab ₂₀	500	480
Биотитовый гранит (о. ф.)	4	45–43	0	41,8–41,77	50,82–50,80	21,05–21,03	0,52–0,54	0,382	0,382	0,118	Or ₈₀ Ab ₂₀ [–] Or ₈₃ Ab ₁₇	Or ₈₁ Ab ₁₈ Al _{10,2} Ch _{0,8} [–] Or ₈₄ Ab ₁₅ Al _{10,3} Ch _{0,6}	Or ₈₀ Ab ₂₀	500	500
Пегматит (лайковая фаза)	2	45–50	0	41,77	50,85	21,08	0,44	0,393	0,393	0,140	Or ₈₃ Ab ₁₇ [–] Or ₈₅ Ab ₁₅	Or ₈₉ Ab ₁₀ Al _{10,3} Ch _{0,7} Or ₈₇ Ab ₁₂ Al _{10,4} Ch _{0,5} [–]	Or ₆₀ Ab ₄₀	650	500
Базойский массив															
Биотитовый гранит (о. ф.)	6	50–46	0	41,85–41,80	50,86–50,84	21,03–21,02	0,58–0,54	0,39	0,39	0,21	Or ₈₅ Ab ₁₅ [–] Or ₈₇ Ab ₁₃	Or ₈₉ Ab ₉ Al _{10,6} Ch _{0,9} Or ₈₅ Ab ₁₃ Al _{10,5} Ch _{0,9}	Or ₆₀ Ab ₄₀	650	500
Граносиениты (о. ф.)	5	50–45	0	41,82–41,84	50,81–50,83	21,04–21,03	0,57–0,56	0,385	0,385	0,237	Or ₈₆ Ab ₁₂ Or ₈₈ Ab ₁₄	Or ₉₃ Ab ₆ Al _{10,2} Ch _{0,5} Or ₉₀ Ab ₉ Al _{10,2} Ch _{0,4}	Or ₇₀ Ab ₃₀	580	500
Аплитовидный гранит (третья фаза)	3	50	0	41,85–41,88	50,83–50,82	21,04–21,025	0,63–0,66	0,405	0,405	0,19	Or ₈₅ Ab ₁₅ [–] Or ₈₇ Ab ₁₃	Or ₉₀ Ab ₉ Al _{10,2} Ch _{0,1} Or ₈₈ Ab ₁₁ Al _{10,2} Ch _{0,3}	Or ₇₀ Ab ₃₀	580	480
Новосибирский массив (карьер Борок)															
Порфиридный граносиенит (о. ф.)	3	50	0	41,87–41,88	50,79–50,80	21,1–21,09	0,67–0,66	0,419	0,419	0,08	Or ₈₀ Ab ₂₀ [–] Or ₈₂ Ab ₁₈	Or ₇₅ Ab ₂₃ Al _{10,4} Ch _{1,3} Or ₈₉ Ab ₁₀ Al _{10,6} Ch _{0,9}	Or ₆₅ Ab ₃₅	630	450
Новосибирский массив (карьер Ипподромский)															
с/з биотит-роговообман-ковый гранит (о. ф.)	4	45	0	41,81–41,80	50,79–50,80	21,05–21,03	0,58–0,57	0,397	0,397	0,103	Or ₈₅ Ab ₁₅ Or ₈₈ Ab ₁₂	Or ₈₅ Ab ₁₄ Al _{10,1} Ch _{0,7} Or ₈₄ Ab ₁₅ Al _{10,1} Ch _{0,5}	Or ₈₀ Ab ₂₀	500	530
Новосибирский массив (Мочинский шток)															
Мч-4, лейкогранит (о. ф.)	3	60	0	41,87–41,88	50,78–50,77	21,12–21,10	0,69–0,67	0,422	0,422	0,07	Or ₇₉ Ab ₃₁ [–] Or ₈₀ Ab ₂₀	Or ₈₅ Ab ₁₄ Al _{10,1} Ch _{0,5} Or ₉₂ Ab ₇ Al _{10,2} Ch _{0,5}	Or ₆₀ Ab ₄₀	650	400
Мч-5, лейкогранит (о. ф.)	2	64	0,37–0,4	41,88–41,86	50,74–50,73	21,1–21,08	0,76	0,631	0,251	0,059	Or ₈₆ Ab ₁₄ [–] Or ₈₈ Ab ₁₂	Or ₈₆ Ab ₁₃ Al _{10,3} Ch _{0,2} Or ₈₇ Ab ₁₂ Al _{10,2} Ch _{0,4}	Or ₆₀ Ab ₄₀	650	380
Мч-7, лейкогранит (о. ф.)	2	60	0	41,89–41,88	50,8–50,78	21,09–21,10	0,69–0,68	0,420	0,420	0,07	Or ₈₂ Ab ₁₈ [–] Or ₈₀ Ab ₂₀	Or ₉₀ Ab ₉ Al _{10,1} Ch _{0,5} [–] Or ₈₉ Ab ₁₀ Al _{10,2} Ch _{0,4}	Or ₆₀ Ab ₄₀	650	400
Мч-1, лейкогранит (п. в.)	4	65	0,6–0,55	41,9–41,88	50,74–50,73	21,0–21,02	0,794–0,788	0,764	0,132	0,051	Or ₈₆ Ab ₁₄ [–] Or ₉₂ Ab ₈	Or ₉₂ Ab ₇ Al _{10,1} Ch _{0,7}	Or ₆₅ Ab ₃₅	630	340
Кольчанский массив															
Кл-1, биотитовый лейкогранит (о. ф.)	2	60	0	41,9–41,88	50,8–50,81	21,06–21,05	0,70–0,71	0,425	0,425	0,069	Or ₈₄ Ab ₁₆ [–] Or ₉₀ Ab ₁₀	Or ₉₂ Ab ₇ Al ₁₀ Ch _{0,14} [–] Or ₉₂ Ab ₇ Al ₁₀ Ch _{0,15}	Or ₇₀ Ab ₃₀	580	380
Кл-6, биотитовый лейкогранит (о. ф.)	1	60	0	41,9	50,8	21,07	0,705	0,426	0,426	0,073	Or ₈₃ Ab ₁₇ [–] Or ₈₇ Ab ₁₃	Or ₉₄ Ab ₅ Al ₁₀ Ch _{0,12} Or ₉₅ Ab ₄ Al ₁₀ Ch _{0,16}	Or ₆₀ Ab ₄₀	650	400
Кл-4, биотитовый лейкогранит (о. ф.)	3	60	0,31–0,40	41,89–41,88	50,82–50,80	21,04–21,02	0,66	0,573	0,257	0,08	Or ₉₂ Ab ₈ [–] Or ₉₀ Ab ₁₀	Or ₉₃ Ab ₆ Al ₁₀ Ch _{0,11} Or ₉₁ Ab ₈ Al ₁₀ Ch _{0,13}	Or ₈₀ Ab ₂₀	500	430
Пегматит (лайковая фаза)	3	68	0,87	41,88–41,89	50,75–50,76	21,01–21,00	0,76	0,869	0,07	0,064	Or ₉₅ Ab ₅ [–] Or ₉₄ Ab ₆	Or ₉₂ Ab _{17,9} Al ₁₀ Ch ₀	Or ₈₀ Ab ₂₀	500	400

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Кл-1к, из контакта лейкогранитов и пегматитов	3	45	0	41,85–41,87	50,84–50,86	21,1–21,08	0,573	0,393	0,393	0,107	Or ₈₁ Ab ₁₉		Or ₇₅ Ab ₂₅	550	500
Барлакский массив															
Бк-1, лейкогранит (о.ф.)	4	55	0–0,38	41,85–41,87	50,77–50,75	21,07–21,04	0,67	0,608	0,23	0,08	Or ₈₇₋₉₂ Ab ₁₃₋₈	Or ₈₇₋₉₈ Ab ₁₂₋₅ Ap _{0-0,3} Cp _{0-0,3}	Or ₇₀ Ab ₃₀	600	400
Бм-1, лейкогранит (о.ф.)	5	55	0–0,45	41,86–41,87	50,75–50,80	21,05–21,04	0,73	0,634	0,20	0,07	Or ₈₉₋₉₅ Ab ₁₁₋₈	Or ₈₈₋₉₆ Ab ₁₂₋₄ Ap _{0-0,2} Cp _{0-0,3}	Or ₇₀ Ab ₃₀	600	450

Примечание. О. ф. – основная фаза, п. ф. – порфирировидные выделения, с/з – среднезернистый, м/з – мелкозернистый. Остальные пояснения см. в тексте.

В изученных КППШ ΔZ варьирует в пределах 0,45–0,79. Причем преобладают образцы с ΔZ 0,5–0,6, т.е. относящиеся по систематике [3] к промежуточным ортоклазам. Полученные данные показывают, что однообразные по триклинности ($\Delta\alpha = 0$) моноклинные калиевые полевые шпаты достаточно резко дифференцированы по степени моноклинной упорядоченности. Особенно это характерно для пород Обского батолита (Базойский массив рассматривается в составе крупного Обского батолита). Для КППШ пород основной фазы внедрения (порфиroidные граносиениты, биотит-амфиболовые граниты, биотитовые граниты) ΔZ изменяется в пределах 0,43–0,58. Причем ΔZ КППШ из основной массы породы практически не отличается от ΔZ (0,54–0,56) КППШ из порфиroidных выделений. Для КППШ из пород дайковой фазы (аплитовидные, мелкозернистые граниты) ΔZ отличается несколько повышенными значениями (в пределах 0,63–0,65).

ΔZ КППШ из пород Новосибирского массива (как для пород основной, так и дополнительной фаз внедрения) характеризуется несколько более высокими значениями (0,58–0,67). Это же можно отметить и для био-

титовых лейкогранитов Мочищенского штока (данный шток традиционно рассматривается в составе Новосибирского массива). ΔZ КППШ (из основной массы) варьирует в пределах 0,69–0,7, ΔZ КППШ из порфиroidных выделений отличается повышенными значениями, равными 0,76–0,8, что соответствует низкому ортоклазу. Это согласуется с тем, что породы Новосибирского массива значительно изменены вторичными наложенными процессами (в отличие от пород Обского массива). А как известно, метасоматические процессы оказывают катализирующее действие на процессы упорядочения [4].

КППШ лейкогранитов Кольванского, Барлакского массивов (табл. 1) характеризуются ΔZ в пределах 0,66–0,7. Для КППШ пегматитовых выделений $\Delta Z = 0,76–0,73$. Несколько пониженные значения $\Delta Z = 0,57$ отмечаются для КППШ, отобранных из зоны контакта пегматитов с вмещающими их лейкогранитами. Все вышеизложенное иллюстрирует рис 1. Состав КППШ меняется от промежуточных ортоклазов до максимальных микроклинов (пегматиты Кольванского массива).

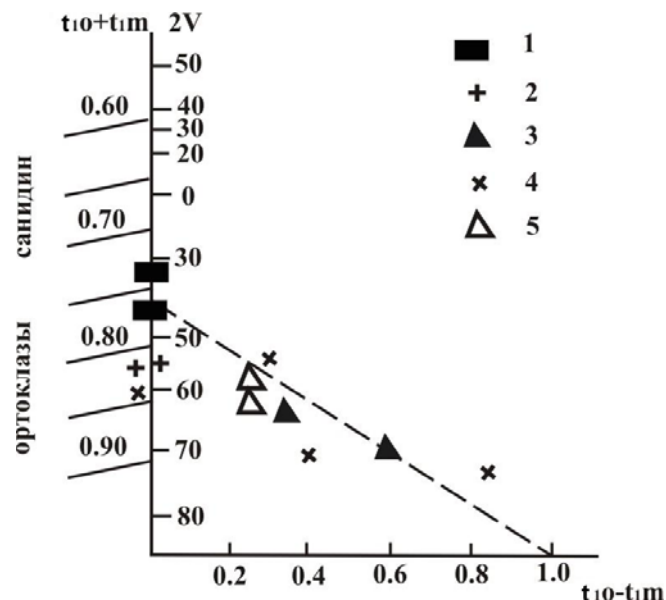


Рис 1. Положение калиевых полевых шпатов из гранитоидов Новосибирского Приобья на диаграмме структурной упорядоченности ($t_{1o}-t_{1m}$) – ($t_{1o}+t_{1m}$) по [4]. Массивы: 1 – Обской; 2 – Новосибирский; 3 – Мочище; 4 – Кольванский; 5 – Барлакский

Следующей структурной характеристикой КППШ гранитоидов Новосибирского Приобья является распределение Al по Т-позициям. Результаты расчетов приведены в табл. 1. Изученные КППШ по концентрации Al в кремнекислородных тетраэдрах четко делятся по фациальной принадлежности. Практически нет группы пород, в которой структурное состояние КППШ различалось бы в широких пределах. На схожесть условий образования авторами указывалось в работе по люминесцентной спектроскопии полевых шпатов [5]. Повышение степени триклинности приводит к перераспределению Al в положение t_{1o} . КППШ пород дайковой фазы, даже если степень триклинности $\Delta\alpha = 0$, отличается несколько повышенными значениями t_{1o} (см. табл. 1).

Следует остановиться еще на одной характеристике, являющейся показателем упорядоченности, – суммарном

содержании Al в положении t_{1o} и t_{1m} или числе атомов Al в положении T_1 . Результаты расчетов приведены в табл. 1. Эта характеристика широко используется при геологических построениях. Она несет определенную информацию о температурном интервале устойчивости КППШ. Моноклинные КППШ с повышенным содержанием Al в положении T_1 отмечены для пород заключительных фаз. Температура образования приведена в табл. 1. Сравнивая температурный интервал устойчивости изученных КППШ, определенный по их моноклинной упорядоченности [6], с температурами образования, вычисленными по двуполевошпатовому термометру [7], можно предположить следующее. В случае относительного совпадения температур структурное состояние этих КППШ возникло в момент их кристаллизации (или перекристаллизации с изменением валового состава) при образовании пород. Соотношение

структурных характеристик и состава этих КПШ отвечает равновесному состоянию. Если температуры образования на 200°C и более превышают температуры, определенные по моноклинной упорядоченности, это свидетельствует о том, что структурное состояние этих КПШ достигнуто в результате процессов упорядочения в твердом состоянии без изменения валового состава зерен. Наиболее характерно это, за редким исключением, для КПШ из лейкогранитов Колыванского, Барлакского массивов и Мочищенского штока.

Состав калиевой фазы в КПШ-пертитах определялся как методами порошковой дифрактометрии, так и методом микронзондового анализа (см. табл. 1). Возможности микронзондового анализа позволяют более точно определить состав калиевой фазы в КПШ-пертите. Наиболее насыщены изоморфной примесью Na КПШ из пород Обского массива, а самая чистая калиевая фаза (более

92% Or) наблюдается преимущественно в КПШ-пертитах из лейкогранитов Колыванского массива. Основную массу составляют КПШ с составом $Or_{80-85}Ab_{20-15}$. Анализ составов КПШ по массивам показывает, что максимальное содержание пертитового альбита характерно для КПШ пород Новосибирского, Колыванского массивов, низкое – для КПШ пород Обского массива. КПШ пород Базойского массива (в составе Обского батолита) отличаются несколько повышенным содержанием пертитового альбита.

В результате изучения КПШ из различных типов пород было получено 12 характеристик, которые описывают его структурное состояние и состав. Статистический анализ парных корреляционных связей этих характеристик позволяет оценить существующие зависимости. Результаты парных корреляционных связей приведены в табл. 2.

Таблица 2

Матрица парных коэффициентов корреляции между структурными и химическими характеристиками КПШ ($n = 88$)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,00	0,64	0,82	0,99	-0,98	0,64	-0,08	0,09	-0,27	-0,47	-0,24	0,43
2		1,00	0,50	0,75	-0,49	1,00	-0,50	-0,44	-0,65	-0,63	-0,30	0,37
3			1,00	0,81	-0,81	0,50	-0,19	0,11	-0,09	-0,46	-0,15	0,35
4				1,00	-0,95	0,75	-0,16	0,00	-0,36	-0,52	-0,26	0,45
5					1,00	-0,49	-0,03	-0,21	0,15	0,38	0,20	-0,41
6						1,00	-0,50	-0,44	-0,65	-0,63	-0,30	0,37
7							1,00	0,80	0,59	0,04	-0,16	0,16
8								1,00	0,61	-0,05	-0,33	0,16
9									1,00	0,31	0,00	-0,14
10										1,00	0,50	-0,49
11											1,00	-0,32
12												1,00

Примечание. 1) $\Delta\alpha$ – рентгеновская триклинность; 2) ΔZ – моноклинная упорядоченность; 3) содержание Or в КПШ; 4) содержание Al в положении t_{1o} ; 5) содержание Al в положении t_{1m} ; 6) содержание Al в положении T_1 ; 7) валовый состав пертита; 8) состав КПШ-пертита (данные рентгенофазового анализа); 9) состав КПШ-пертита (данные микронзондового анализа). Содержания (r/t): 10 – Ba, 11 – Sr, 12 – Rb.

Рентгеновские характеристики, описывающие структурное состояние КПШ, не зависят от его валового состава, но связаны с составом калиевой фазы. Значимая положительная связь установлена между содержанием Or в калиевой фазе и характеристиками $\Delta\alpha$ ($r = 0,82$), ΔZ ($r = 0,50$) и t_{1o} ($r = 0,75$). Эти результаты подтверждают данные о том, что валовый состав КПШ зависит преимущественно от термодинамических условий кристаллизации, а состав калиевой фазы зависит уже от превращений, происходящих в твердой фазе (т.е. от посткристаллизационных превращений). Достаточно высокий коэффициент корреляции отмечается между триклинностью $\Delta\alpha$ и моноклинной упорядоченностью ΔZ ($r = 0,64$). Соотношение триклинной и моноклинной упорядоченности показывает, что большинство КПШ Новосибирского Приобья являются моноклинными и разнообразие их определяется только моноклинной упорядоченностью.

Результаты определения состава калиевой фазы рентгенофазовым методом хорошо коррелируются с данными микронзондового анализа ($r = 0,61$). Несмотря на сходство в распределении Ba и Sr, коэффициент корреляции между ними относительно невысок ($r = 0,5$). Это объясняется распределением Ba между КПШ и плагиоклазом. По данным [8] такая зависимость может быть связана с региональной геохимической специализацией. В заключение следует отметить отрицательные значимые корреляционные связи между содержанием Ba в КПШ со всеми

характеристиками, описывающими его структурное состояние. Это еще раз подтверждает существующее мнение [3] о тормозящем влиянии Ba на структурное состояние КПШ. Особенно это заметно на примере КПШ из пегматитов. Изученные КПШ из пегматитовых образований в гранитоидах Новосибирского Приобья возникли при разных физико-химических условиях. Однако в дальнейшем те и другие породы подверглись воздействию сильных упорядочивающих факторов (воздействие водных флюидов). Главное различие между КПШ из пегматитов Новосибирского Приобья проявляется в разном содержании Ba. В случае, когда эти породы содержат КПШ с низкой концентрацией Ba (пегматиты Колыванского массива), последние характеризуются наиболее упорядоченными структурами (см. табл. 1). КПШ с высоким содержанием Ba (пегматиты Обского массива) имеют низкую степень триклинности или моноклинны. И именно повышенное содержание Ba влияет на структурное состояние КПШ. Присутствие катионов Ba мешает миграции Al из положения T_{1m} в положение T_{1o} , и степень триклинности равна в этом случае нулю. Но степень моноклинной упорядоченности может быть выше.

С целью генетической интерпретации гранитоидов Новосибирского Приобья исследовались пертитовые сростания в КПШ. Как известно, распад на составляющие пертитовые фазы может давать различную раз-

мерность. В КППШ гранитоидов Новосибирского Приобья распространены в основном оптически видимые микропертиты, реже грубые макропертиты. Криптопертиты отмечены только в КППШ из лейкогранитов Мочищенского штока. Оптические микропертиты всегда некогерентные, что хорошо фиксируется на рентгенограммах КППШ. Морфология текстур распада пертитов, как известно, зависит от условий образования полевых шпатов. Причем главная масса пертитов является пертитами распада, а не замещения. Учитывая то, что пертиты КППШ пород в основном представлены микро- и макроразностями, можно сделать вывод о том, что гранитоиды Новосибирского Приобья гиперсольвусные. Считается, что в гиперсольвусных породах узок диапазон температур и давлений при образовании полевых шпатов и поэтому исключается их перекристаллизация [9]. Наименее изменены гранитоиды Обского массива и они же содержат наименьшее количество пертитов. Условия кристаллизации гиперсольвусных гранитов предполагают маловодность системы. Последующее преобразование пород проявляется в морфологии пертитовых сростаний. Укрупнению пертитов способствуют как водный флюид, так и изменение содержания анортита.

Химический состав исследовался с помощью микронного анализа. В данном случае рассматривается только химизм калиевой фазы (К-фазы) в составе КППШ – пертита. Из результатов исследования следует, что наибольшие содержания Na характерны для КППШ из гранитоидов Обского и Новосибирского массивов (Ab-составляющая в пределах 21–24%). КППШ в этих массивах представлены ортоклазом, даже в пегматоидных выделениях. Несколько снижается содержание Ab-составляющей к заключительным фазам (в Обском массиве до 16%). Для КППШ из гранитоидов Новосибирского массива данная зависимость не характерна. Высокие содержания Ab-составляющей отмечаются и для лейкогранитов Мочищенского штока (Новосибирский массив). Низкие содержания Na свойственны КППШ из лейкогранитов Колыванского массива (Ab-составляющая в пределах 12%), к заключительной фазе оно снижается до 8%. Лейкограниты Барлакского массива отличаются повышенным содержанием Ab-составляющей по сравнению с лейкогранитами Колыванского массива (для главной фазы – 19%, заключительной – 15%).

Сопоставление содержания Na в КППШ из основной массы и вкрапленников на примере гранитоидов Обского массива показало, что во вкрапленниках Na больше, чем в основной массе. Как известно, содержание Na, K и Ca является показателем условий образования. При этом соотношение Na и K в валовом составе КППШ зависит главным образом от температуры кристаллизации, содержание Ca определяется влиянием давления и варьирует в достаточно широких пределах, различаясь иногда на порядок.

В отношении распределения Fe и Mg можно отметить следующее. Fe в КППШ находится преимущественно в форме Fe^{3+} . По данным ЭПР устанавливается и вхождение Fe^{2+} . Выделение структурного Fe^{3+} возможно методом люминесцентной спектроскопии (полоса 700–730 нм) [5]. В среднем содержание Fe не

превышает 0,1%. Кроме того, железо может содержаться в КППШ и как не структурная примесь в атомарном состоянии. Возможно, именно с этим связано повышенное содержание Fe в КППШ дайковой фазы Колыванского массива. Содержание Mg отмечается на уровне 0,01. Наблюдается обратная связь между содержанием Mg и Fe.

Распределение редких щелочных и щелочноземельных элементов рассматривается на примере Rb, Cs, Ba, Sr. Ba и Sr – наиболее типичные примеси в КППШ гранитоидов Новосибирского Приобья. Особенно это относится к Ba. Близость ионных радиусов Ba^{2+} и K^{1+} обеспечивает легкость вхождения Ba^{2+} в решетку КППШ. Для распределения Ba и Sr установлены следующие закономерности. Считается, что Ba и Sr накапливаются в более высокотемпературных полевых шпатах [3]. Кроме того, отмечено, что содержание Ba и Sr уменьшается в процессе кристаллизации расплава от ранних фаз к поздним, заключительным. Барий в исследованных КППШ содержится в количествах от 90 г/т до 11100 г/т (табл. 3). Наименьшие содержания характерны для КППШ Колыванского и Барлакского массивов (90 г/т), наибольшие колеблются в пределах 600–800 г/т. Некоторое падение содержания бария отмечается к заключительным фазам данных массивов. Повышенные концентрации Ba наблюдались в КППШ из пород Обского и Новосибирского массивов, что является их отличительной особенностью (до 11100 г/т – в КППШ из пород основной фазы Обского массива). Содержание бария в КППШ из гранитоидов данных массивов составляет в среднем 3000–5000 г/т. На порядок уменьшается содержание Ba к заключительным фазам Обского и Новосибирского массивов (до 200 г/т – дайковая фаза Обского массива). Но для пегматитов данного массива отмеченная закономерность не характерна. Содержание бария в КППШ пегматитов колеблется в пределах 3000–4000 г/т. Стронций в КППШ содержится в количествах от 10 до 3000 г/т. Наибольшие содержания характерны для КППШ из гранитоидов Новосибирского массива (до 3000 г/т). Наименьшие концентрации наблюдаются в лейкогранитах как Колыванского и Барлакского массивов, так и Мочищенского штока (Новосибирский массив).

Rb и Cs в природе тесно ассоциируют с K, Na. Близость ионных радиусов Rb и K обуславливает тесную геохимическую связь этих элементов и преимущественное накопление Rb в структуре КППШ. Средние содержания Rb в КППШ гранитоидов колеблются в пределах от 60 до 1100 г/т. Характерно накопление Rb в поздних фазах массивов (табл. 3).

Максимальным накоплением Rb характеризуются пегматитовые образования. Данное утверждение поддерживается для КППШ пегматитов Колыванского массива. Повышенные содержания Rb характерны не только для дайковых, но и для главных фаз Колыванского и Барлакского массивов (табл. 3), где содержания в среднем составляют 1100 г/т.

Но пегматитовые образования Обского массива отличаются резко пониженными содержаниями Rb. Максимальное содержание в последних не превышает 120 г/т.

Содержание щелочных и щелочноземельных элементов в калиевых полевых шпатах гранитоидов Новосибирского Приобья

Массив	Фаза, порода	Содержание, г/т															
		Rb		Ba		Sr		Cs									
		min	max	χ _{ср}	min	max	χ _{ср}	min	max	χ _{ср}	min	max	χ _{ср}				
I	1Об	132,55	484,48	324,51	3967,76	10479,18	5436,64	8,46	25,37	11,27	4,72	37,73	14,15				
	2Об1	45,71	402,21	222,74	456,78	11106,14	3805,94	8,46	59,19	11,27	4,72	155,63	29,55				
	2Об2	45,71	653,59	274,43	1495,75	7604,13	4351,33	8,46	1682,72	248,53	4,72	193,36	35,06				
	Об-п	45,71	127,98	62,85	3081,06	4630,55	3638,61	8,46	439,71	109,93	4,72	141,48	35,37				
	3Об	292,52	411,35	342,79	89,57	546,35	200,03	8,46	8,46	8,46	4,72	141,48	41,66				
	1Н	77,70	539,33	292,93	2095,84	7398,12	4830,03	8,46	2968,02	1316,81	4,72	51,88	9,00				
II	2Н	178,25	676,45	349,65	2570,53	5974,03	4272,28	8,46	1479,78	858,27	4,72	4,72	4,72				
	3Н	109,69	571,32	251,38	1056,87	3466,19	2475,60	8,46	1386,77	588,53	4,72	56,59	21,69				
	Нмч	150,83	530,19	380,37	761,31	8249,00	3483,11	8,46	8,46	8,46	4,72	80,17	14,93				
III	1Кл	365,65	982,68	618,64	89,57	958,35	574,90	8,46	16,91	5,97	4,72	37,73	14,70				
	2Кл	543,90	735,86	639,88	89,57	644,87	322,44	8,46	8,46	8,46	4,72	4,72	4,72				
VI	1Бр	114,26	685,59	412,56	89,57	4505,15	639,22	8,46	8,46	8,46	4,72	84,89	7,94				
	2Бр	543,90	1499,15	1103,34	89,57	895,66	211,37	8,46	8,46	8,46	4,72	240,52	122,62				

Примечание. 1 – Обской массив; 1Об – первая фаза, гранодиориты; 2Об1 – главная фаза внедрения, порфириновые граносиениты, 2Об2 – с/з биотит-амфиболовые граниты; Об-п – пегматитовые выделения; 3Об – аплитовидные граниты, м/з граниты, дайковая фаза. II – Новосибирский массив: основная фаза внедрения: 1Н – порфириновые граносиениты, 2Н – амфибол-биотитовые граниты; 3Н – м/з граниты заключительной фазы внедрения; Нмч – лейкограниты Мочищенского штока. III – Кольванский массив: 1Кл – лейкограниты основной фазы, 2Кл – лейкограниты основной фазы, 2Кл – лейкограниты основной фазы, 2Кл – лейкограниты основной фазы, 2Кл – лейкограниты основной фазы, 2Кл – лейкограниты основной фазы. IV – Барлакский массив: 1Бр – биотитовые лейкограниты основной фазы, 2Бр – аплитовидные граниты. С/з – среднеринистый, м/з – мелкозернистый. Определения проводились на микроанализаторе САМЕВАХ – MICRO в ОИГТ ИМ СО РАН (г. Новосибирск).

Возможно, подобные различия в распределении Rb в КПШ связаны с разными условиями образования пегматитов массивов и свидетельствуют о накоплении Rb в КПШ, кристаллизующихся из остаточных расплавов, что характерно для пегматитов Колыванского массива. Пегматиты Обского массива, которые слагают отдельные участки в аплитовидных гранитах и состоят из крупных блоков калиевого полевого шпата и дымчатого кварца, являются продуктами перекристаллизации гранитоидов в процессе более позднего K-Si метасоматоза.

Таким образом, детальное исследование структурно-химических характеристик КПШ из гранитоидов Новосибирского Приобья позволяет сделать следующие выводы.

1. Характерной особенностью КПШ гранитоидов Новосибирского Приобья является то, что они в подавляющем большинстве ортоклаз-пертиты, с различной

степенью моноклинной упорядоченности. Для пород из массивов Обской и Новосибирский характерно постоянство структурно-химических особенностей КПШ, что указывает на схожесть образования данных массивов.

2. КПШ гранитоидов Новосибирского и Обского массивов отличаются повышенными содержаниями Ba и Sr, что подтверждает их более высокотемпературные условия становления, чем для лейкогранитов Колыванского и Барлакского массивов.

3. Структурное состояние КПШ определяется не только температурой их кристаллизации, но и содержанием структурных примесей крупных катионов, в данном случае бария. Данная примесь оказывает тормозящее действие на процесс упорядочения структуры КПШ.

4. По изучению пертитовых сростаний в КПШ исследуемые гранитоиды представляются как гиперсольвусные, что предполагает маловодность системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сотников В.И., Федосеев Г.С., Кунгурцев Л.В. и др. Геодинамика, магматизм и металлогения Колывань-Томской складчатой зоны. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 1999. 227 с.
2. Рентгенография основных типов породообразующих минералов. Л.: Недра, 1983. С. 245–347.
3. Афонина Г.Г., Макагон В.М., Шмакин Б.М. Барий- и рубидийсодержащие калиевые полевые шпаты. Новосибирск: Наука, 1978. 110 с.
4. Марфуни А.С. Реинтерпретация и общая диаграмма для определения калинатровых полевых шпатов // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1988. № 11. С. 3–16.
5. Небера Т.С., Борозновская Н.Н., Полуэктова Т.И., Новоселов К.Л. Структурный типоморфизм породообразующих минералов Новосибирского Приобья (КТСЗ) // Материалы Международного (X Всероссийского) петрографического совещания «ПЕТРОГРАФИЯ XXI ВЕКА». Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2005. Т. 2. С. 155–157.
6. Novis G.L. Unit – cell dimensions and molar volumes for a sanidine analbite ion-exchange series // Amer. Miner. 1977. Vol. 62, № 7–8. P. 672–679.
7. Слюдоносные пегматиты Северной Карелии. Л.: Недра, 1976. С. 279.
8. Сырицо Л.Ф. Мезозойские гранитоиды Восточного Забайкалья и проблемы редкометалльного рудообразования. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2002. С. 241.
9. Кумеев С.С. Полевые шпаты – петрогенетические индикаторы. М.: Недра, 1982. С. 27.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 4 мая 2009 г.