

НЕБЕРА ТАТЬЯНА СТЕПАНОВНА

**ТИПОМОРФИЗМ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ
КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ РАСПЛАВА
И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ
ГРАНИТОИДОВ КОЛЫВАНЬ-ТОМСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ЗОНЫ**

25.00.05 – минералогия, кристаллография

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск - 2010

Работа выполнена в Томском государственном университете

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
Коноваленко Сергей Иванович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
Сальников Владимир Николаевич

кандидат геолого минералогических наук,
Бабин Геннадий Алексеевич

Ведущая организация: Институт геологии и минералогии СО РАН,
г. Новосибирск

Защита состоится 19 мая 2010 г. в 16⁰⁰ часов в 504 ауд. 20 корпуса ТПУ на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций ДМ 212.269.03 при Томском политехническом университете (634030, г. Томск, ул. Ленина, 2)

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Томского политехнического университета (634034, г. Томск, ул. Белинского, 55).

Автореферат разослан «17» апреля _____ 2010 г.

**Ученый секретарь совета по защите
докторских и кандидатских диссертаций**

Лепокурова О.Е.

Актуальность работы. Несмотря на многолетнюю историю изучения магматизма Колывань-Томской складчатой зоны (Матвеевская, 1965; Козлов, 1970; Сотников и др., 1999, Хомичев, 2003) многие вопросы, связанные с ним, до сих пор остаются спорными. Не существует для данного региона систематизированного представления о закономерностях эволюции глубинного магматического очага и особенностях магматической дифференциации всего гранитоидного комплекса, как нет и единой точки зрения и на генезис гранитоидов Колывань-Томской складчатой зоны (КТСЗ). По разному оценивается их рудный потенциал и профильная специализация отдельных массивов. Современное состояние проблемы исследования гранитоидного магматизма пермо-триасового возраста Колывань-Томской складчатой зоны настоятельно требует детального изучения породообразующих минералов гранитоидов с целью решения на их основе имеющихся петрогенетических вопросов.

Как известно, объективная оценка типоморфных особенностей состава, структуры и свойств минералов предполагает возможность использовать эти признаки как индикаторы определенных условий минералообразования и оценивать количественное распределение почти любых химических элементов, конкретизируя тем самым геохимические особенности гранитоидов, увязывая их с последовательными этапами становления массивов.

Цель и задачи работы. Целью работы было выявление типоморфных особенностей породообразующих минералов гранитоидов КТСЗ (Новосибирское Приобье) для расшифровки на этой основе условий формирования пород и оценки их потенциальной рудоносности. В соответствии с поставленной целью, основные задачи предусматривали:

- Изучить люминесцентные особенности породообразующих минералов (полевые шпаты, кварц) и определить направленность их изменения;
- Исследовать типохимизм породообразующих минералов (полевые шпаты, слюды, амфиболы) и его эволюцию в ходе становления пород;
- Оценить типоморфизм различных породообразующих минералов гранитоидов на базе уже существующих и вновь установленных зависимостей свойство-генезис;
- Выполнить сравнительный анализ разнородных гранитоидов по комплексу минералого-петрографических, рентгенофазовых и геохимических исследований породообразующих минералов и установить критерии корреляции пород различных массивов и степень их потенциальной рудоносности.

Объект исследования. Колывань-Томская складчатая зона (КТСЗ), в состав которой входят изучавшиеся гранитоиды Новосибирского Приобья (Обской, Новосибирский, Колыванский, Барлакский массивы), расположена на крайнем северо-западе Алтае-Саянской складчатой области, является наиболее молодым (позднегерцинским) ее регионом и входит совместно с Калба-Нарымской зоной в Центрально-Западносибирскую складчатую систему (Мегакомплексы..., 1988). По данным (Мегакомплексы ..., 1988) КТСЗ в геодинамическом плане отвечает задуговому бассейну. В ее пределах выделяются островные дуги (Буготакское, Ордынское и Митрофановское поднятия), пред – (Новосибирский прогиб) и

задуговые бассейны (Горловский, Зарубинский, Ташминский), которые пережили позднее аккрецию и коллизию. С последней связывают образование гранитоидов Новосибирского Приобья.

Магматические породы в пределах КТСЗ имеют сравнительно небольшое распространение и представлены преимущественно гранитоидами. Согласно схемы магматизма, предложенной Западно-Сибирским петрографическим советом (Рабочая ..., 1996) гранитоиды Новосибирского Приобья относятся к обскому комплексу, возраст которого датируется как пермо-триасовый (230-265 млн. лет).

Согласно последним изменениям схемы геологической корреляции магматических образований (Обновленные ..., стр. 218) магматические породы пермо-триасового возраста КТСЗ предлагается объединять «в единую габбро-гранитную ассоциацию (комплекс)» и относить данные магматические образования к габбро-гранитовой формации. Комплекс называется борок-бибеевский (Р-Т) (220-240 млн. лет).

До настоящего времени нет единой точки зрения и на генезис гранитоидов Новосибирского Приобья. По одним данным (Хомичев, 2001; Хомичев и др., 2003) обской комплекс является не гранитным «а многофазным габбро-гранитным», в котором габбро, диориты и граниты предлагается рассматривать как последовательные члены единой гомодромной генетически связанной дифференцированной серии, что позволяет допустить существование в камере массивов Новосибирского Приобья очагов основного и кислого расплавов, возникших в результате естественной магматической дифференциации исходной базальтовой магмы.

По другим исследованиям (Сотников и др., 1999) обосновывается выделение в составе обского комплекса двух самостоятельных комплексов.

Из сказанного ясно, что в настоящее время достаточно остро стоит проблема комплексного исследования гранитоидных массивов для решения вопросов их идентификации и петрогенезиса. Исследование типоморфных особенностей породообразующих минералов данных пород позволит, в какой то мере, по мнению автора, подойти к решению озвученных вопросов.

Анализ петрохимических характеристик гранитоидов исследованного района показал, что они относятся к умеренно калиевой, калиевой известково-щелочной серии, породы перглиноземистые и являются гранитоидами «смешанного типа».

Фактический материал и методы исследований. В основу работы положены материалы, собранные автором в ходе 15 летних тематических исследований, проводившихся лабораторией экспериментальной и прикладной минералогии Томского государственного университета (НИЛЭПМ ТГУ) по изучению гранитоидного магматизма западной части Алтае-Саянской складчатой области. В их рамках автор занималась изучением гранитоидов Новосибирского Приобья, по которым ею собрана представительная коллекция, и несколько сотен мономинеральных фракций полевых шпатов, кварца, слюд, амфиболов. Образцы по гранитоидам Батурина массива любезно предоставлены Полуэктовой Т.И., за что автор выражает искреннюю признательность.

Экспериментальные исследования рентгено- и термолюминесценции минералов проводились при участии автора в НИЛЭПМ ТГУ, в н.в. ЦКП

«Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ. Изучены спектры рентгенолюминесценции (РЛ) и интегральной термолюминесценции (ТЛ) прокаленных и непрокаленных проб. Экспериментальную основу диссертации составили более 300 спектров РЛ и ТЛ, полученных в результате изучения более 100 мономинеральных фракций кварца и полевого шпата из гранитоидов и частично их жильных образований Новосибирского Приобья. Рентгенофазовый анализ полевых шпатов (съёмка и расшифровка рентгенограмм) проводилась автором в кабинете рентгеноструктурного анализа ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ. Микронзондовый анализ выполнен в физико-химической лаборатории ОИГГМ СО РАН. Автор обобщены более 160 микронзондовых анализов по биотитам и более 300 по полевым шпатам (140 по калиевым полевым шпатам и более 180 по плагиоклазам). Анализ состава пород проведен в Аналитическом центре института геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УО РАН, г. Екатеринбург. Определение петрогенных элементов выполнено методом рентгенофлуоресцентного анализа на многоканальном спектрометре СРМ-18, Na – на рентгенофлуоресцентном энергодисперсионном спектрометре EDX-900 MS фирмы SHIMADZU (Япония), аналитики – Горбунова Н.П., Татарина Л.А., Власов В.П. Определение РЗЭ, а так же Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, Hf, Ta, Th, U проводилось в ОИГГМ им. А.А. Трофимука г. Новосибирск ICP-MS методом, остальные элементы-примеси определены методом масс-спектропии с индуктивно связанной плазмой на Agilent 7500 cx (ppm) в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ г. Томск.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательских работ НИЛЭПМ, в н.в. ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета, а также при выполнении проекта Федерального агентства по образованию (№ 2.1.1/208).

Научная новизна работы. На примере гранитоидов Новосибирского Приобья осуществлен минералогический подход к изучению петрогенезиса пород и показана его высокая информативность и эффективность.

1. Впервые использован метод люминесцентного анализа породообразующих минералов гранитоидов Новосибирского Приобья для расшифровки особенностей их образования. По результатам исследований доказана высокая чувствительность люминесцентных свойств (РЛ, ТЛ) к особенностям формирования гранитоидных пород, что выразилось в изменении люминесцентных характеристик (РЛ, ТЛ) в зависимости от условий становления гранитоидов. Показана повышенная щелочность первичного расплава для всех изученных пород.

2. Проведено детальное исследование состава и структурно-фазовых характеристик полевых шпатов гранитоидов Новосибирского Приобья. Впервые установлено широкое развитие моноклинной фазы КПШ. Показано, что поскольку распределение алюминия, содержание и распределение альбитового компонента, определяющие структурные особенности полевых шпатов являются функцией условий формирования, то получаемые структурные характеристики отражают эти условия и служат критерием для идентификации и сравнения полевых шпатов из различных массивов.

3. Анализ химического состава биотитов гранитоидов Новосибирского Приобья выявил направленную эволюцию расплава в ходе становления пород. Для лейкогранитов Новосибирского массива состав слюд изучен впервые. Изучение типохимизма слюд позволило существенно детализировать особенности режима формирования гранитоидов.

4. Впервые исследован состав амфиболов из гранитоидов Новосибирского Приобья и на основе сосуществующих амфиболов и слюд оценены термодинамические условия кристаллизации пород.

5. Комплексное минералого-петрографическое изучение гранитоидов Новосибирского Приобья позволило провести петрогенетическую типизацию и выделить три типа пород.

Практическая значимость работы.

1. Весь комплекс проведенных исследований типоморфных особенностей породообразующих минералов и петрохимических характеристик гранитоидных пород позволил оценить степень редкометалльной специализации гранитоидов Новосибирского Приобья, что имеет ключевое значение для оценки их потенциальной рудоносности.

2. На основании типоморфных особенностей породообразующих минералов было выделено три группы пород, что может быть использовано при уточнении схем корреляции гранитоидного магматизма КТСЗ. Использование помимо петрохимических данных, как это широко практикуется в практике геологических исследований, всей полноты характеристик химического состава и структурно-фазовых взаимоотношений в породообразующих минералах, ставит типизацию пород на более высокий информационный уровень.

3. Результаты выполненных автором исследований типоморфных особенностей породообразующих минералов включены в разрабатываемое пособие по курсу «типоморфизм минералов».

Защищаемые положения.

1. Люминесцентные характеристики полевого шпата и кварца гранитоидов Новосибирского Приобья свидетельствуют о формировании массивов из расплава повышенной щелочности на мезо-гипабиссальном уровне и подтверждают индивидуальность условий становления пород Новосибирского массива.

2. В составе калиевых полевых шпатов всех исследованных массивов доминируют моноклинные по структурному состоянию разновидности, различающиеся между собой только степенью моноклинной упорядоченности. Спецификой геохимии изученных полевых шпатов является аномальная обогащенность Ba и Sr. Исследование характера и масштаба распада твердых растворов показали различия в условиях образования пород и температуры образования для полевых шпатов в пределах 580-700 °С.

3. Особенности химического состава темноцветных минералов (изменение глиноземистости, железистости, марганцовистости, разнонаправленность эволюции титанистости и фтористости) указывают на конкретные физико-химические условия образования (изменение щелочности, давление в пределах 2-2,8 кбар, температура от 700 до 730 °С).

4. По типоморфизму породообразующих минералов выделяется три группы пород. В первую входят гранитоиды Обского и основные фазы Новосибирского, во вторую – лейкограниты Новосибирского (Мочищенский шток), в третью – гранитоиды Барлакского и Кольванского массивов. Степень редкометалльной специализации по геохимическим индикаторам (K/Rb, Ba/Rb, Zr/Hf) увеличивается к концу указанного ряда.

Структура и объем работы. Диссертационная работа общим объемом 202 страницы состоит из введения, 6 глав, заключения. А также списка использованной литературы из 174 наименований. Текст сопровождается 17 таблицами, 71 рисунком и включает 14 приложений.

Публикации и апробация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 21 работа, в том числе 3 в журналах, рекомендованных перечнем ВАК Минобразования России.

Основные положения и отдельные разделы работы обсуждались на научно-практических семинарах кафедры минералогии и геохимии (2006-2009 г.); рассматривались на региональных и международных конференциях и совещаниях (Томск, 1988, 1996, 2000, 2007, 2009); Санкт-Петербург, 1996, 1998, 2007, 2008; Сыктывкар, 1997, 2004, 2006, Казань, 1997; Киев, 1996; Апатиты, 2005.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю к.г.-м.н., доценту С. И. Коноваленко за помощь и поддержку при написании работы.

Автор благодарит соратника по научной работе к.г.-м.н. Н. Н. Борозновскую за помощь, консультации и участие в обсуждении результатов.

Автор так же искренне признателен и благодарен О.В. Бухаровой за всестороннюю помощь и поддержку при написании диссертации.

Автор благодарит своих коллег по работе к.г.-м.н. Г.Б. Князева, д.г.-м.н В.В. Врублевского, к.г.-м.н И.Ф. Гертнера, Е.М. Асочакову, Е.Д. Агапову и всех других сотрудников кафедры минералогии и геохимии, а также кафедры петрографии за доброе отношение, советы и критические замечания, способствующие улучшению качества диссертации, а также к.г.-м.н Т.И. Полуэктову, к.г.-м.н К.Л. Новоселова за предоставленные образцы и участие в обсуждении результатов на начальном этапе работы. С чувством глубокой признательности автор будет помнить своего учителя В.К. Чистякова, чьи идеи и дискуссии оказали влияние на выбор направления исследований.

Обоснование защищаемых положений.

Первое защищаемое положение. Люминесцентные характеристики полевого шпата и кварца гранитоидов Новосибирского Приобья свидетельствуют о формировании массивов из расплава повышенной щелочности на мезо-гипабиссальном уровне и подтверждают индивидуальность условий становления пород Новосибирского массива.

Полевые шпаты (ПШ) относятся к важнейшим породообразующим минералам. Их кристаллизация в широком интервале температур и давлений, изоморфные замещения, распад твердых растворов – все это делает ПШ важным объектом

исследования, особенно в связи с вопросами генезиса и петрогенезиса (Марфунин, 1962; Кумеев, 1982; Каменцев и др, 1971; Каменцев, 1985).

В составе гранитоидов исследуемого района выделяются монцодиориты, диориты, кварцевые диориты, граносиениты, гранодиориты, субщелочные и нормальные граниты, лейкограниты. Монофракции полевых шпатов, включая калиевые полевые шпаты (КПШ) и плагиоклазы, были отобраны из всех типов пород гранитоидных массивов Новосибирского Приобья (массивы Обской, Батуриинский, Новосибирский, Барлакский, Колыванский).

Люминесценция является одним из физических свойств минерала, объективно отражающим его кристаллохимические особенности, условия образования и последующего изменения. Применение оптико-спектроскопических методов позволяет выявить в структуре минералов микродефекты, сформировавшиеся при их кристаллизации, которые реализуются при энергетическом воздействии как центры люминесценции (ЦЛ) (Таращан, 1978; Горобец и др., 2001). Концентрация ЦЛ, в свою очередь, определяется условиями образования минерала: температурой, давлением, кислотно-щелочным режимом, окислительно-восстановительной обстановкой. То есть, люминесценция является типоморфной характеристикой и обладает генетической информативностью (Рокачук, 1988; Борозновская, 1989).

Были получены спектры излучения калиевых полевых шпатов и плагиоклазов в оптическом диапазоне длин волн (250-900 нм) под действием рентгеновского возбуждения – спектры рентгенолюминесценции (РЛ). РЛ исследованных ПШ определяется наличием примесно-структурных дефектов: Pb^{2+} (Tl^{+}), AlO_4^{4-} , Fe^{3+} , Cr^{3+} . – для КПШ; Ce^{3+} , SiO_4^{3-} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , – для плагиоклазов. Наличие структур распада, которые весьма характерны для ПШ Новосибирского Приобья, осложняет спектр, поскольку появляется дополнительная информация о различных минеральных фазах. Структуры распада в КПШ (пертиты) фиксируются по РЛ Ce^{3+} , Mn^{2+} и SiO_4^{3-} – центров, характерных для плагиоклаза (Борозновская и др., 1980).

На рисунке 1 приведены спектры РЛ КПШ и плагиоклазов из гранитоидов Новосибирского Приобья с целью показать некоторые отличия в условиях становления исследуемых массивов.

В таблице 1 представлены усредненные данные РЛ и параметры упорядочения для ПШ трех интрузивных фаз Батуриинского массива (30 образцов) и данные по полевым шпатам биотитовых гранитов из других массивов Новосибирского Приобья (по 10 образцов из каждого массива). Как следует из таблицы 1 и рисунков 1а и 1б, спектры РЛ ПШ из пород Колыванского, Барлакского и Обского массивов имеют много общих черт, включая общие центры излучения.

О структурах распада в КПШ (пертиты) свидетельствует РЛ Ce^{3+} , SiO_4^{3-} , Mn^{2+} ; РЛ Ce^{3+} , O^{-} в плагиоклазах – о наличии перистеритов. Все эти признаки вместе с повышенными значениями РЛ Mn^{2+} являются следствием относительно медленного остывания в условиях меза-гипабиссальных глубин, что в первую очередь касается пород Колыванского и Барлакского массивов.

Несколько иную РЛ имеют ПШ Новосибирского массива. Слабо выраженные в спектре дефекты O^{-} , Mn^{2+} , низкое отношение Mn^{2+}/Fe^{3+} указывают на относительно быструю кристаллизацию. По данным (Нуварьева, 1968) считается, что этот массив формировался в зоне смятия.

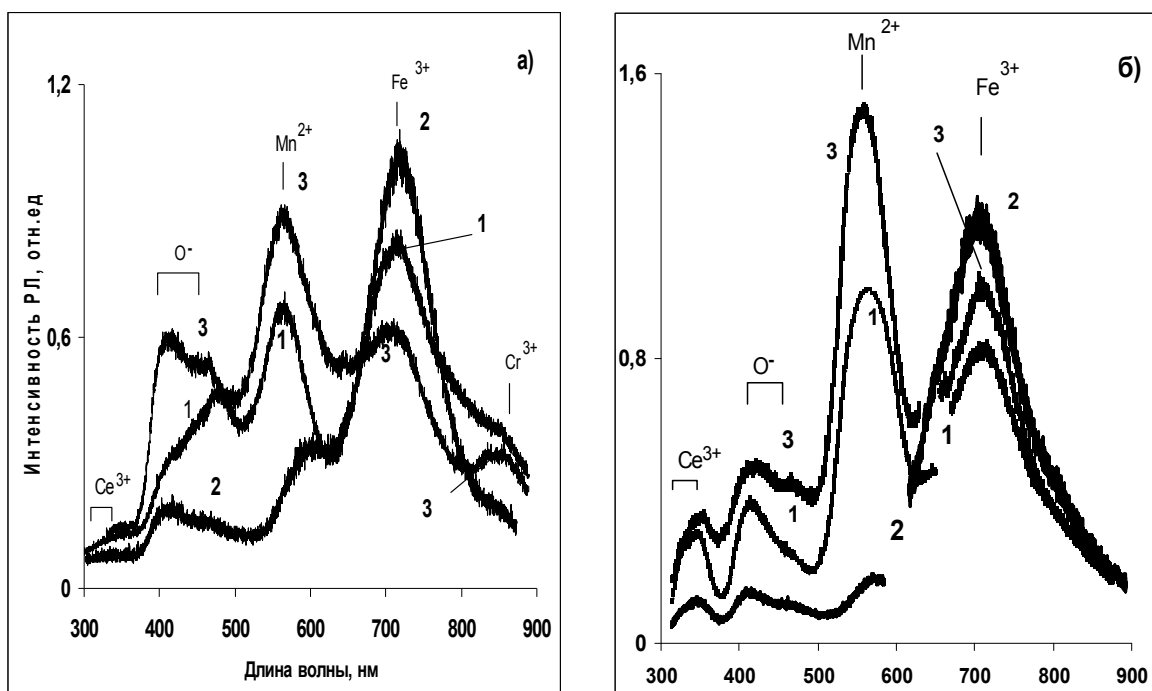


Рисунок 1 – Спектры РЛ КПШ (а) и плагиоклаза (б) из гранитоидов Новосибирского Приобья.

Примечание. Массивы: 1 – Обской (биотитовый гранит); 2 – Новосибирский (лейкогранит, Мочищенский шток); 3 – Колыванский (лейкогранит).

Отличительной особенностью КПШ гранитоидов Новосибирского Приобья является наличие интенсивной РЛ Fe^{3+} . Появление полосы Fe^{3+} в спектрах РЛ ПШ связано с устойчивостью и активностью ионов Fe^{3+} в щелочных средах и является индикатором щелочности минералообразующей среды.

Чрезвычайно интенсивная и часто доминирующая РЛ Fe^{3+} в полевых шпатах гранитоидов Новосибирского Приобья несомненно свидетельствует о повышенной щелочности первичного расплава для всех исследованных объектов.

Кроме того, по спектрам РЛ в исследуемых КПШ зафиксировано излучение Tl^+ (285 нм). Причем интенсивно оно проявилось только в КПШ из лейкогранитов Колыванского и Барлакского массивов, что является типоморфным признаком этих массивов. Такая люминесценция характерна для массивов с редкометальной минерализацией (Тарашан, 1978; Кузнецов, Тарашан, 1988; Борозновская, 1989).

Исследование порообразующего кварца методом люминесцентной спектроскопии (рентгено- и термолюминесценция) подтвердило выводы, полученные по исследованию люминесцентных особенностей полевых шпатов.

Все изученные порообразующие кварцы Новосибирского Приобья характеризуются люминесценцией при рентгеновском возбуждении. При этом спектральный диапазон 300-720 нм обычно представлен серией перекрывающихся друг друга широких полос излучения, за которые могут быть ответственны следующие центры люминесценции (λ , нм): 390-400 – SiO_4^{3-} ; 420-430 – AlO_4^4-/Na^+ ; 480-520 – AlO_4^4-/Li^+ ; 450-470 – собственные дефекты матрицы SiO_2 (квазимолекулярные дефекты из атомов основного вещества, либо AlO_4^4- без компенсатора); 370 и 620 нм – природа данной полосы обсуждается, 670-700 нм – возможно, междоузельный кислород. В основном, это собственные дефекты.

Таблица 1 – Параметры упорядоченности, оптические и люминесцентные данные сосуществующих полевых шпатов из гранитоидов Новосибирского Приобья

Калиевые полевые шпаты						Плагиоклазы					
Δр	ΔZ	Ab, %	Инт-сть РЛ, отн. ед.			Ап, %	Инт-сть РЛ, отн. ед.				Mn ²⁺ / Fe ³⁺
			O ⁻	Mn ²⁺	Fe ³⁺		Ce ³⁺	O ⁻	Mn ²⁺	Fe ³⁺	
Обской массив (Новобибеевский карьер)											
0,0	0,53	15-25	0,4	0,3	1	15-18	0,3	0,4	0,6	1,0	0,6
Батурицкий массив (1, 2, 3 фазы)											
0,0	0,54- 0,58	40-35	0,4	0,2	1,3	18	0,15	0,4	0,5	1,2	0,42
0,0	0,56- 0,57	30-35	0,2	0,2	1,1	20	0,1	0,5	0,4	1,1	0,36
0,0	0,63- 0,66	30	0,15	0,2	1,0	18	0,25	0,4	0,5	1,0	0,5
Новосибирский массив (карьер Борок)											
0,0- 0,4	0,6- 0,78	35-45	0,05	0,1	1,5	15-18	0,05	0,08	0,15	1,3	0,1
Новосибирский массив (Мочищенский шток)											
0,0- 0,45	0,6- 0,78	35-45	0,09	0,15	1,0	16-19	0,01	0,09	0,2	1,0	0,2
Кольванский массив											
0,0- 0,4	0,66- 0,71	20-30	0,5	0,7	0,6	5-8	0,35	0,5	1,2	0,9	1,3
Барлакский массив											
0,0- 0,45	0,67- 0,73	27-30	0,4	0,5	0,6	5-10	0,35	0,4	1,2	1,1	1,1

Примечание: Δр – степень триклинной упорядоченности, ΔZ – степень моноклинной упорядоченности в калиевых полевых шпатах.

Таблица 2 – Рентгено- и термолюминесценция кварцев из гранитоидов Новосибирского Приобья

массив	Фаза, порода	РЛ, отн. ед.; λ, нм				ГЛ, отн. ед.; T°С	
		O [*] 370	O ⁻ 390- 470	O [*] 610- 620	Fe ³⁺ 710	180- 240	260-300
Батурицкий	основная фаза	0,23	0,28	0,42	0,33	0,17	0,16
	II фаза	0,17	0,22	0,4	0,15	0,1	0,08
	III фаза	0,02	0,19	0,6	0,1	0,14	0,13
Обской	эндоконтакт	0,11	0,17	0,3	0,6	0,12	0,09
Новосибирский	граносиенит	1,8	0,3	0,1	0,65	0,22	0,03
	биотитовый гранит	1,76	0,27	0,1	0,58	0,17	0,03
	лейкогранит	0,8	0,25	0,3	0,5	0,14	0,12
Кольванский	лейкогранит	0,23	0,29	0,45	0,31	0,13	0,2
Барлакский	лейкогранит	0,24	0,3	0,37	0,33	0,23	0,2

Примечание. Основная фаза – к/з граниты, граносиениты, II – с/з-м/з граниты, III – жилы аплитов, аплитовидные граниты. Эндоконтакт представлен граносиенитами.

Полосы РЛ с максимумами на 550-570 нм и 700-710 нм, по аналогии с ПШ, связываются с Mn^{2+} и Fe^{3+} соответственно.

В таблице 2 даны усредненные данные РЛ и ТЛ кварца из пород трех интрузивных фаз Батуриного массива (30 образцов) и из пород основных фаз других массивов Новосибирского Приобья (50 образцов). Как следует из таблицы 2, спектры РЛ кварца основной фазы Батуриного массива сходны с РЛ кварца массивов Колыванский, Барлакский. Для них характерна интенсивная РЛ на 610-620 нм, сопоставимая с ней РЛ Fe^{3+} и равное для всех массивов высвечивание структурных дефектов O^- и O_{370}^* .

Спектры кварца Новосибирского массива индивидуальны. Для них характерна мощная РЛ O_{370}^* , что может быть следствием более высоких температур образования для этого массива. Для этих же кварцев отмечается интенсивная РЛ Fe^{3+} , сопоставимая с РЛ эндоконтактовой фации Обского массива.

Таким образом, часто доминирующая и чрезвычайно интенсивная РЛ Fe^{3+} в ПШ из пород всех массивов свидетельствует о существовании силикатного расплава повышенной щелочности для всех изученных объектов. Спектры РЛ ПШ и кварца из пород массивов Барлакский, Колыванский, Обской, Батуриный имеют сходный характер и являются следствием медленного остывания в условиях между средними и гипабиссальными глубинами. Наличие полосы с максимумом 285 и 880 нм является отличительной особенностью лейкогранитов Колыванского и Барлакского массивов и может использоваться для положительной оценки их потенциальной рудоносности. Особенности РЛ и ТЛ гранитоидов Новосибирского массива позволяют говорить о быстром остывании этих пород в условиях зоны смятия.

Второе защищаемое положение. В составе калиевых полевых шпатов всех исследованных массивов доминируют моноклинные по структурному состоянию разности, различающиеся между собой только степенью моноклинной упорядоченности. Спецификой геохимии изученных полевых шпатов является аномальная обогащенность Ва и Sr. Исследование характера и масштаба распада твердых растворов показали различия в условиях образования пород и температуры образования для полевых шпатов в пределах 580-700 °С.

Структурное состояние полевых шпатов является важным «петрогенетическим индикатором» (Кумеев, 1982).

Были изучены методом порошковой дифрактометрии как КПШ, так и плагиоклазы из всех разновидностей пород гранитоидов Новосибирского Приобья. Исследование структурного состояния КПШ показало, что степень триклинности ($\Delta\alpha$) изменяется от 0 до 0.87. Отчетливое триклинное состояние наблюдается только в КПШ пегматитовых выделений Колыванского массива.

Моноклинные КПШ составляют основную часть гранитоидов Новосибирского и Обского массивов, даже КПШ из пегматитов Обского массива моноклинные (промежуточные ортоклазы). Степень триклинности изученных КПШ может рассматриваться в качестве типоморфного признака и показывает степень последующего изменения пород.

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

Примечание. 1 – $\Delta\rho$ – рентгеновская триклинность, 2 – ΔZ – моноклиная упорядоченность, 3 – содержание Or в КПШ, 4 – содержание Al в положении t_{10} , 5 – содержание Al в положении t_{1m} , 6 – содержание Al в положении $t_{10}+t_{1m}$, 7 – валовой состав пертита, 8 – состав КПШ-пертита (данные рентгенофазового анализа), 9 – состав КПШ-пертита (данные микронзондового анализа), 10 – Ba, 11 – Sr, 12 – Rb.

В результате изучения КПШ из различных типов пород было получено 12 характеристик, которые описывают его структурное состояние и состав. Значения парных корреляционных связей приведены в таблице 3. Установлено, что рентгеновские характеристики, описывающие структурное состояние КПШ, не зависят от его валового состава, но связаны с составом калиевой фазы. Значимая положительная связь выявлена между содержанием Or-минала в калиевой фазе и характеристиками $\Delta\rho$ ($r=0.82$), ΔZ ($r=0.50$) и t_{10} ($r=0.75$). Эти результаты подтверждают данные о том, что состав калиевой фазы зависит от превращений, происходящих в твердой фазе (т.е. от посткристаллизационных превращений).

Значимый коэффициент корреляции отмечается между триклинностью $\Delta\rho$ и моноклиной упорядоченностью ΔZ ($r=0.64$). Соотношение триклинной и моноклиной упорядоченности показывает, что большинство КПШ Новосибирского Приобья являются моноклиными и разнообразие их определяется только моноклиной упорядоченностью.

Результаты определения состава калиевой фазы рентгенофазовым методом достаточно хорошо коррелируются с данными микронзондового анализа ($r=0.61$).

В заключении следует отметить отрицательные значимые корреляционные связи между содержанием Ba в КПШ со всеми характеристиками, описывающими его структурное состояние. Это еще раз подтверждает существующее мнение (Афонина, 1978) о тормозящем влиянии Ba на структурную упорядоченность КПШ.

С целью генетической интерпретации условий становления гранитоидов Новосибирского Приобья исследовались пертитовые сростания в КПШ, что позволило сделать следующие выводы. В КПШ гранитоидов Новосибирского Приобья распространены, в основном, оптически видимые микропертиты, реже грубые макропертиты. Микро-криптопертиты отмечены только в КПШ из лейкогранитов Мочищенского штока, что указывает на явный гипабиссальный

уровень становления данных пород. Учитывая то, что пертиты в основном представлены микро и макро-разностями, можно предположить, что гранитоиды Новосибирского Приобья гиперсольвусные, что указывает на маловодность системы.

Температуры образования для полевых шпатов (температура сольвуса) определялись по двуполевошпатовому геотермометру. Для Обского массива они находятся в пределах 550-650 °С, для Новосибирского – 580-630, для лейкогранитов Новосибирского массива температура несколько выше и соответствует 650-730 °С. Это подтверждает и характер пертитовых сростаний (микро-криптопертиты).

Для лейкогранитов Колыванского и Барлакского массивов температура равна 550-600 °С.

Исследование степени упорядочения плагиоклазов из гранитоидов Новосибирского Приобья показало увеличение индекса структурной упорядоченности (ИСУ). Наиболее упорядоченными являются плагиоклазы из лейкогранитов Колыванского массива, а наибольший разброс значений по упорядоченности характерен для плагиоклазов из пород Обского массива.

Характерной чертой химизма полевых шпатов изученных гранитоидов являются повышенные содержания Ва в КППШ и Sr в плагиоклазах. Ва и Sr – наиболее типичные примеси в КППШ для гранитоидов Новосибирского Приобья, что характеризует общую геохимическую специализацию минералообразующего расплава. Содержание Ва и Sr уменьшается в процессе кристаллизации расплава от ранних фаз к поздним, заключительным. Наибольшие концентрации Ва наблюдались в КППШ из пород Обского и Новосибирского массивов, что является их отличительной особенностью. На порядок уменьшается содержание Ва к заключительным фазам Обского и Новосибирского массивов.

Таким образом, закономерное изменение химических и структурно-фазовых характеристик полевых шпатов Новосибирского Приобья отражают последовательное изменение условий минералообразования. Максимальная упорядоченность характерна для заключительной стадии кристаллизации расплавов при участии флюида.

Третье защищаемое положение. Установленные особенности темноцветных минералов (изменение глиноземистости, железистости, марганцовистости, разнонаправленность эволюции титанистости и фтористости) указывают на конкретные физико-химические условия образования (изменение щелочности, давление в пределах 2-2,8 кбар, температура от 700 до 730 °С).

Состав биотита и амфибола определяется эволюцией физико-химических условий образования породы. К биотитам из гранитоидов Новосибирского Приобья относятся сложные по составу триоктаэдрические слюды, которые занимают промежуточное положение между флогопит-аннитовым и сидерофиллит-истонитовыми рядами (Номенклатура ..., 1998).

Изучение состава данных минералов дает возможность судить о физико-химических процессах минералообразования и отражает особенности химизма пород и P-T условия их кристаллизации. Определяющими параметрами является

глиноземистость $L = Al / (Si + Al + Fe^* + Mg)$, железистость $f = Fe^* / (Fe^* + Mg)$,
магнезиальность $Mg^\# = Mg / (Mn + Mg + Fe^*)$, где $Fe^* = Fe^{2+} + Fe^{3+}$.

Наглядно изменение глиноземистости и железистости показывает диаграмма, построенная в координатах глиноземистость (L) – железистость (f), которая позволяет проанализировать изменение состава биотитов из гранитоидов Новосибирского Приобья (рисунок 2а). Биотиты гранитоидов Обского и Новосибирского массивов (включая и лейкограниты Мочищенского штока) характеризуются пониженной глиноземистостью, а железистость в них увеличивается к заключительным фазам становления пород (аплитовидные граниты и лейкограниты Мочищенского штока). Для биотитов лейкогранитов Колыванского и Барлакского массивов отмечается рост глиноземистости на фоне незначительного увеличения железистости. Для сравнения на данную диаграмму вынесены результаты пересчета химических анализов по биотитам из лейкогранитов монастырского комплекса (Магматизм ..., 1982). С данными породами часто сравнивают лейкограниты Новосибирского Приобья. Биотиты монастырского комплекса (Дунгалинский массив) попадают в поле биотитов Барлакского и частично Колыванского массивов. Изменение состава слюд из гранитоидов Новосибирского Приобья связано с разнообразием парагенезисов этих пород и различиями в условиях образования. Ассоциация низкожелезистого биотита с магнетитом свидетельствует о высокой фугитивности кислорода. Железистость слюд изменяется слабо, сохраняясь в пределах 40-60%, и лишь иногда достигая больших значений (лейкограниты Мочищенского штока). Но в этом случае меняется и парагенезис: уменьшается содержание роговой обманки, хотя магнетит в составе аксессуаров еще сохраняется.

По соотношению $Si/Al - (Mg + \sum Fe) / Al$ биотиты располагаются в различных полях щелочности (рисунок 2б). Биотиты Колыванского массива попадают в поле пониженной щелочности и повышенной глиноземистости (рисунок 2б, поле в). Остальные массивы, в том числе и лейкограниты Новосибирского (Мочищенский шток), попадают в поле повышенной щелочности (на рисунке 2б поле а). Лейкограниты Барлакского массива занимают промежуточное положение (на рисунке 2б поле б). Исключение составляют аплитовидные граниты данного массива, которые располагаются в поле наименьшей щелочности (на рисунке 2б поле в).

Титанистость: $Ti^\# = Ti / (Ti + Mg + Fe + Mn)$. Согласно исследованиям Г.Б. Ферштатера и Н.С. Бородиной (Ферштатер, Бородин, 1987), соотношение Al_2O_3 и TiO_2 в биотитах отражают влияние давления при кристаллизации гранитоидов. Анализ диаграммы (рисунок 2в) показал, что кристаллизация гранитоидов Обского и Новосибирского массивов (включая и лейкограниты Мочищенского штока) происходила преимущественно в условиях гипабиссальной и мезоабиссальной фаций глубинности (поле в). Эти выводы в целом подтверждаются расчетами общего давления при кристаллизации пород по роговообманковому геобарометру. Лейкограниты Барлакского массива (поле б) попадают преимущественно в мезоабиссальную фацию глубинности, а основная масса лейкогранитов

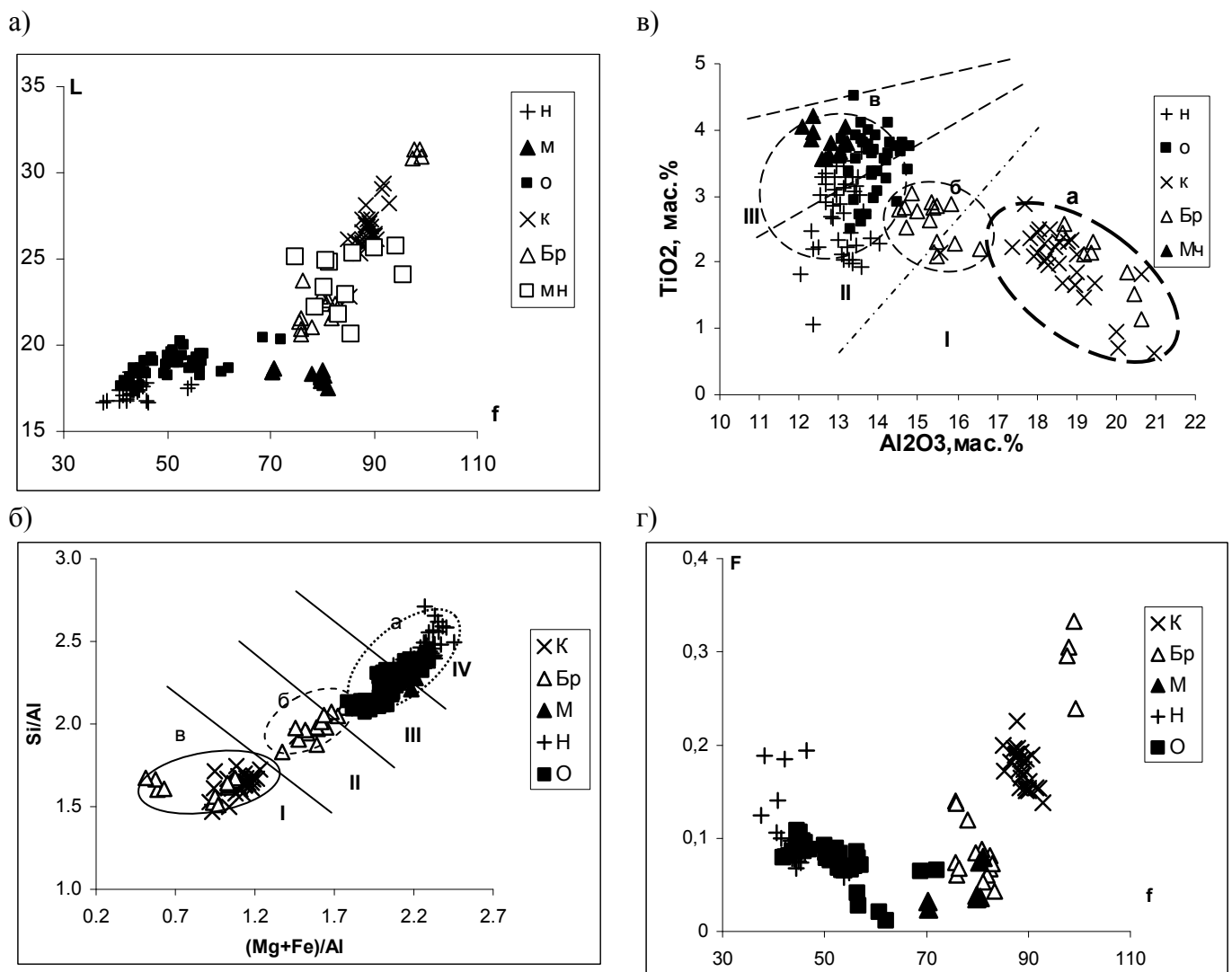


Рисунок 2 – Типизация пермо-триасовых гранитоидов Новосибирского Приобья по составу биотитов.

Примечание. М – лейкограниты Мочищенского штока (Новосибирский массив); О – Обской, К – Колыванский, Бр – Барлакский, Н – Новосибирский массивы. Мн – Монастырский комплекс (Дунгалинский массив);

а) – соотношение железистости (f) и глиноземистости (L).

б) – диаграмма кислотности-щелочности гранитоидов Новосибирского Приобья по глиноземистости биотитов. I-IV – поля возрастающей щелочности по (Маракушев, 1965);

в) – соотношение Al_2O_3 и TiO_2 в биотитах гранитоидов Новосибирского Приобья. I - IV – поля фаций глубинности по (Ферштатер, Бородина, 1987): I – абиссальной, II – мезоабиссальной, III – гипабиссальной.

г) – изменение содержания фтористости (F) и железистости (f) биотитов гранитоидов Новосибирского Приобья.

Колыванского массива и аплитовидные граниты Барлакского массива – в абиссальную фацию (на рисунке 2в поле а). Одним из информативных компонентов состава магнезиально-железистых слюд является фтор. Для Обского и Новосибирского массивов характерно уменьшение содержания фтора с ростом железистости (рисунок 2г). Повышенные содержания фтора характерны для биотита из пород Колыванского и Барлакского массивов.

Типоморфной особенностью биотитов является магнизиальность, которая закономерно уменьшается в ряду гранодиорит-граносиенит-гранит-лейкогранит.

Изучение химического состава сосуществующих биотитов и амфиболов выполнено впервые и позволяет в определенной степени оценить P,T-параметры кристаллизации пород гранитоидов изученного района.

Температура кристаллизации пород оценивалась преимущественно по биотит-роговообманковому геотермометру, а в случае отсутствия роговой обманки (лейкограниты Колыванского и Барлакского массивов) – по двуполевошпатовому геотермометру. Активность воды рассчитывалась по уравнению устойчивости ассоциации биотит + калиевый полевой шпат + магнетит + флюид (Wones, Eugster, 1965). Полученные данные по значению давления указывают на гипа-мезоабиссальные условия становления пород Новосибирского и Обского массивов, что согласуется с данными по биотитам. Температура кристаллизации оценивается в пределах 700-730 °С, давление 2-2,8 кбар. По геобарометру (Schmidt, 1992) давление несколько выше (3-3,5 кбар).

Таблица 4 – Средние параметры состава сосуществующих биотитов и амфиболов (рассчитанные по формульным коэффициентам) гранитоидов Новосибирского Приобья и их термодинамические условия формирования

Порода		K_{Al}^{VI}	X_{K_2O}	K_d^{Mn}	$-lgK_d^{Mn}$	$-lgfO_2$	P^*	P^{**}	T^{0C^*}
лейкогранит	I	2,9	0,619	0,535	0,272	15	2,5- 2,8	3- 3,5	730
Биотит-роговообманковый гранит		3,1	0,615	0,603	0,227	12,5	2	2- 2,5	720
Граносиенит		3,3	0,605	0,592	0,227	12	2,2	1,8- 2,5	720
Порфиroidный граносиенит	II	3,2	0,609	0,608	0,216	11	2,8	3- 3,5	700

Примечание. Массивы: I – Новосибирский; II – Обской. * – температура определялась по (Перчук и др., 1974). P^* – давление определялось по (Перчук и др., 1974), P^{**} – по (Schmidt, 1992).

Таким образом, составы биотитов гранитоидов исследованных массивов свидетельствуют о кристаллизации в условиях гипа-мезоабиссальной фации глубинности, в меняющейся окислительно-восстановительной обстановке, при различном флюидном режиме галогенов. По составу слюд можно выделить три группы пород. Первая группа – гранитоиды Обского и основные фазы Новосибирского массивов, вторая – лейкограниты Новосибирского массива (Мочищенский шток) и третья – гранитоиды Колыванского и Барлакского массивов.

По распределению Mg, Fe, Mn, Al между сосуществующими биотитами и роговыми обманками судят об условиях образования гранитоидных массивов (Новосибирский и Обской).

Четвертое защищаемое положение. По типоморфизму породообразующих минералов выделяется три группы пород. В первую входят гранитоиды Обского и основные фазы Новосибирского, во вторую – лейкограниты Новосибирского (Мочищенский шток), в третью – гранитоиды Барлакского и Колыванского массивов. Степень редкометальной специализации по геохимическим индикаторам (K/Rb, Ba/Rb, Zr/Hf) увеличивается к концу указанного ряда.

Данное защищаемое положение следует из всего комплекса проведенных исследований как типоморфных особенностей породообразующих минералов, так и петрохимических характеристик гранитоидных пород.

Лейкогранитовый магматизм пермо-триасового возраста Колывань-Томской складчатой зоны представлен Колыванским и Барлакским массивами, а также лейкогранитами Новосибирского массива (Мочищенский шток). Как было показано ранее, существует две противоположные точки зрения на генезис гранитоидного магматизма КТСЗ. Одними исследователями предлагается рассматривать гранитоидный магматизм как результат естественной магматической дифференциации исходной базальтовой магмы (Хомичев, 2003). По другим данным (Сотников и др., 1999) Барлакский, Колыванский массивы и, предположительно, северная часть Новосибирского (Мочищенский шток) выделены в самостоятельный комплекс – барлакский лейкогранитовый (T_{2-3}), для которого характерен редкометальный тип оруденения, Sn-W-Be с серебром. Поэтому при исследовании как типоморфных особенностей породообразующих минералов, так и петрохимических характеристик гранитоидных пород лейкограниты Новосибирского массива (Мочищенский шток) рассматривались и выносились на диаграммы отдельно. По набору типоморфных особенностей слюд лейкограниты Новосибирского массива занимают промежуточное положение между гранитами Обского и Новосибирского массивов с одной стороны и лейкогранитами Колыванского и Барлакского массивов с другой, что позволило выделить три типа пород.

В качестве главного геохимического критерия различия выделенных типов пород выступает и характер распределения РЗЭ.

Обобщая геохимию редкоземельных элементов (рисунок 4) можно отметить следующие особенности. Общий уровень содержаний РЗЭ варьирует от 150 до 400 г/т. Для гранитоидов Новосибирского и Обского массивов (гранодиорит-граносиенитовая ассоциация) характерно резкое преобладание легких лантаноидов над тяжелыми (La/Yb в пределах 30-40). Исключение составляют лейкограниты Новосибирского массива (Мочищенский шток), для них характерно увеличение содержаний тяжелых лантаноидов (La/Yb изменяется от 9.5 до 4.5).

Породы лейкогранитовой ассоциации Новосибирского Приобья отличаются по распределению РЗЭ от гранодиорит-граносиенитовой ассоциации (La/Yb – от 3 до 1,5). В нормированных по хондриту спектрах РЗЭ отмечено появление недостатка европия – Eu- минимума и закономерное увеличение его в последовательных дифференциатах гранитных интрузий. Лейкограниты Мочищенского штока

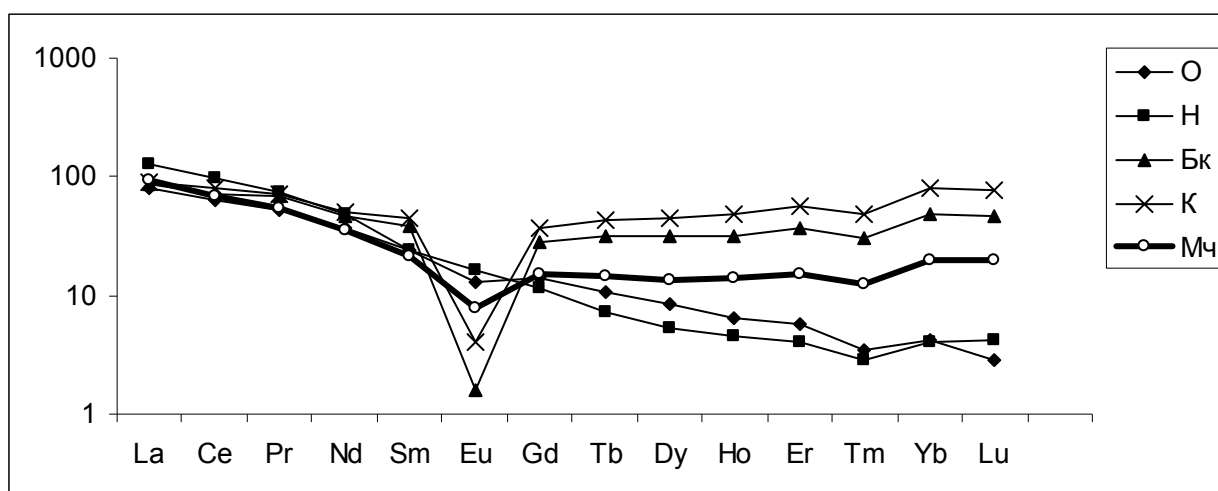


Рисунок 4 – Спектры распределения редкоземельных элементов (усредненные данные) для гранитоидов (основные фазы) Новосибирского Приобья, нормировано к хондриту (Taylor, 1985).

Примечание. Массивы: О – Обской, Н – Новосибирский, Бк – Барлакский, К – Колыванский, Мч – Мочищенский штук.

(Новосибирский массив) отличаются повышенными содержаниями тяжелых лантаноидов и выступают в качестве «реперного» горизонта (на рисунке 4 данный горизонт выделен жирной линией) между породами Обского, Новосибирского массивов с одной стороны и лейкогранитами Колыванского, Барлакского с другой.

В геологической литературе и практике используются различные петрохимические и геохимические индикаторы редкометальной специализации гранитов. Нами использовались K/Rb, Ba/Rb, Zr/Hf геохимические индикаторы, которые показывают закономерное уменьшение данных отношений в ряду гранитоиды Обского и основные фазы Новосибирского, лейкограниты Новосибирского (Мочищенский штук), гранитоиды Барлакского и Колыванского массивов (таблица 5). Установлено, что Zr/Hf отношения и концентрация фтора во флюиде может служить индикатором наличия оруденения (Зарайский, 2009). Для гранитоидов Колывань-Томской складчатой зоны данная величина изменяется от 40-30 до 16-20. Наряду с уменьшением Zr/Hf отношения в лейкогранитах Барлакского и Колыванского массивов происходит и последовательное накопление

Таблица 5 – Геохимические индикаторы редкометальной специализации гранитоидов Новосибирского Приобья

	Нб-1	Нб-9	Бр-3	Бр-10	Мч-2	Мч-7	Бк-1	Бк-2	К-1	К-2
Zr/Hf	35,21	34,22	40,22	44,76	30,29	39,77	20,19	16,65	17,73	20,71
K/Rb	474,3	671,4	536,4	757,5	314	316,8	102,8	115,1	69,1	87,2
Ba/Rb	16,52	16,20	16,85	14,88	5,75	6,51	0,73	0,09	0,25	0,66
$\Sigma P3Э$	158,17	157,45	230,04	194	166,27	235,88	319,79	280,43	444,76	352,39
La/Yb	28,85	29	49,61	42,84	4,53	9,65	3,17	2,18	1,28	2,35
Ce/Yb	59,3	56,9	96,6	83,4	8,9	19,3	7,2	4,4	3	5,4
Zr+Nb+Ce+Y	211,5	146,7	290,2	322,8	199,2	359,4	301,8	287,9	367,5	343,3

Примечание. Массивы: Обской, граниты (Нб-1, Нб-9); Новосибирский, гранодиориты (Бр-3, Бр-10), лейкограниты (Мч-2, Мч-7); Колыванский, лейкограниты (К-1, К-2); Барлакский, лейкогранит (Бк-1), аплитовидный гранит (Бк-2).

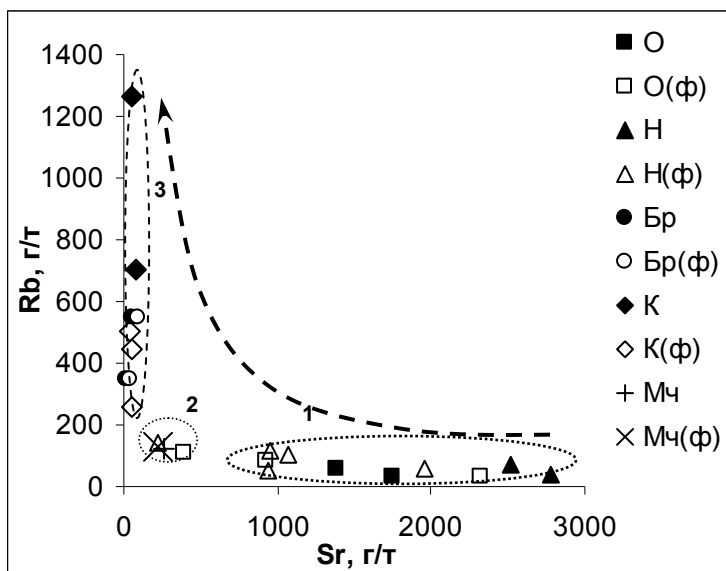


Рисунок 5. Тренд изменения содержания Rb и Sr в гранитоидах Колывань-Томской складчатой зоны.

Примечание. Поля: 1 – гранитоиды Обского и Новосибирского массивов; 2 – лейкограниты Мочищенского штока; 3 – лейкограниты Колыванского и Барлакского массивов. Массивы: О – Обской (граносиениты); Н – Новосибирский (биотитовые граниты); Мч – лейкограниты Новосибирского (Мочищенский шток); К – Колыванский (лейкограниты); Бр – Барлакский (лейкограниты). Буква «ф» у значка – автор проб Федосеев Г.С. (Сотников и др., 1999).

промышленно важных редких металлов W, Mo, Be, Sn, Ta, Nb .

Для характеристики эволюции гранитоидного магматизма автором использована еще одна диаграмма в координатах Rb–Sr (Сырицо, 2002). Она базируется на противоположных тенденциях поведения Rb (накапливается) и Sr (уменьшается) в процессе кристаллизации гранитоидного расплава. В координатах содержаний Rb и Sr последовательность этапов развития магматизма исследуемого района прослеживается достаточно закономерно (рисунок 5). Фигуративные точки состава пород Новосибирского и Обского массивов образуют обособленное поле (рисунок 5, поле 1), характеризующееся наиболее высокими содержаниями Sr при незначительном Rb. Лейкограниты Колыванского и Барлакского массивов значительно дифференцированы по содержанию Rb при практически постоянном низком содержании Sr (поле 3). Промежуточное положение занимают лейкограниты Новосибирского массива (Мочищенский шток) (поле 2).

Таким образом, анализ особенностей петрохимического и редкоэлементного составов, различия в составе слюд позволили выделить три группы пород и показать увеличение редкометалльной минерализации в ряду гранитоиды Обского и основные фазы Новосибирского → лейкограниты Новосибирского (Мочищенский шток) → гранитоиды Барлакского и Колыванского массивов.

Основные типоморфные особенности породообразующих минералов гранитоидов Колывань-Томской складчатой зоны приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Типоморфные особенности породообразующих минералов гранитоидов Колывань-Томской складчатой зоны

Комплекс	массив	Полевые шпаты	Магнезиально-железистые слюды	P, T условия
Обской гранит-граносиенит-гранодиоритовый (Р-Т)	Обской	По данным РЛ доминирует полоса Fe ³⁺ , Mn ²⁺ / Fe ³⁺ = 0.9 В КПШ Δp=0, ΔZ=0.44-0.66; № P1 – 15-22, ИСУ = 49-77; повышенные содержания Ba и Sr.	Магнезиальные разновидности флогопит-аннитового ряда; f=40-55, в аплитовидных гранитах до 68; L=18-19, Mg [#] = 43-66, Ti [#] = 0.05-0.09, F [#] (ат.к.) = 0.055-0.1 III-VI группа щелочности. Образовались в условиях высокой фугитивности кислорода	T* – 700-710 °C P* – 2,6-2,8 кбар P** – 3-3,5
	Новосибирский	По данным РЛ доминирует полоса Fe ³⁺ , Mn ²⁺ / Fe ³⁺ = 0.1-0.2; В КПШ Δp=0-0.3; ΔZ=0.54-0.66; № P1 – 15-17, ИСУ = 64-85 повышенные содержания Ba (до 1100 г/т) и Sr (до 2000г/т)	Магнезиальные разновидности флогопит-аннитового ряда; f=40-60, L=17-19, Mg [#] = 45-58, Ti [#] = 0.04-0.056, F [#] (ат.к.) = 0.06-0.1; III-VI группа щелочности. Образовались в условиях высокой фугитивности кислорода	T* – 700 -720 °C P* – 2-2,2 кбар P** – 1,8-2,5
	Мочищенский шток	По данным РЛ доминирует полоса Fe ³⁺ , Mn ²⁺ / Fe ³⁺ = 0.2; В КПШ Δp=0-0.4; ΔZ=0.68-0.76; № P1 – 6-12, ИСУ = 73-97 Содержания Ba (до 700 г/т) и Sr (до 250)	Повышенное содержание аннитового минала. f=70-80, L=17-19, Mg [#] = 45-58, Ti [#] = 0.04-0.056, F [#] (ат.к.) = 0.06-0.1 III-VI группа щелочности. Образовались в условиях высокой фугитивности кислорода	T* – 720-730 °C P* – 2,6-2,8 кбар P** – 3-3,5
	Колыванский, Барлакский	Доминирует полоса Mn ²⁺ , Mn ²⁺ / Fe ³⁺ = 1,9-1,8; В КПШ Δp=0-0.45, в пегматитовых выделениях до 0.87 (Колыванский массив); ΔZ=0.57-0.71; № P1 – 2-6, ИСУ = 88-93. Содержания Ba до 300 г/т, Sr на уровне чувствительности прибора, Rb до 600 г/т (в аплитовидных гранитах Барлакского массива до 1000 г/т, Cs до 120 г/т). Наиболее дифференцированы лейкограниты Колыванского массива.	Относятся к высокоглиноземистой сидерофиллитовой группе. f=85-90, L=23-27, Mg [#] = 10-14, Ti [#] = 0.05-0.07, F [#] (ат.к.) = 0.14-0.23. Поле пониженной щелочности (II группа) – лейкограниты Барлакского, I группа щелочности – лейкограниты Колыванского и аплитовидные граниты Барлакского массива). Фугитивность кислорода понижена.	T** – 600-580 °C

Примечание: Δp – степень триклинности, ΔZ – степень моноклинности, РЛ – рентгенолюминесценция. Поля щелочности по (Маракушев, 1965). T* – по (Перчук и др., 1974); T** – по (Рябчиков, 1965); P* – по (Перчук и др., 1974); P** – по (Schmidt, 1992)

Выводы

1. Детальное исследование люминесцентных и структурно-химических характеристик полевых шпатов гранитоидов КТСЗ позволило установить, что данные минералы образовались из расплава повышенной щелочности, в условиях мезо-гипабиссальных глубин.

2. Калиевые полевые шпаты изученных пород в подавляющем большинстве являются ортоклазами различной степени упорядоченности. Степень упорядоченности полевых шпатов увеличивается к заключительным фазам становления массивов.

3. Характерной чертой химизма полевых шпатов гранитоидов являются повышенные содержания Ba и Sr, что отражает общую геохимическую специализацию минералообразующего расплава. Содержание указанных элементов уменьшается в лейкогранитах Колыванского и Барлакского массивов.

4. Полученные данные по типохимизму слюд отражают различия в режиме щелочности, флюидонасыщенности и температуре кристаллизации и указывают на закономерную эволюцию главных типоморфных признаков, что может свидетельствовать о принадлежности гранитоидов к многофазному комплексу.

5. Комплекс проведенных исследований позволил выделить три петрохимических типа пород (первая группа – гранитоиды Обского и основные фазы Новосибирского массивов, вторая – лейкограниты Новосибирского массива (Мочищенский шток) и третья – гранитоиды Колыванского и Барлакского массивов). В качестве главного геохимического критерия различия выделенных групп пород выступает состав слюд и характер распределения R3Э.

6 Степень редкометалльной специализации по геохимическим индикаторам (K/Rb, Ba/Rb, Zr/Hf) возрастает от лейкогранитов Новосибирского массива к лейкогранитам Колыванского массива, который можно рассматривать как потенциально наиболее рудоносный.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Борозновская Н.Н. Люминесценция калинатровых полевых шпатов из щелочного комплекса Вишневых гор (Урал) / Н.Н. Борозновская, Т.С. Небера, Т.Ю. Рогозина // Геохимия. – 1982. – № 9. – С. 1366-1369.
2. Чистяков В.К. Породы лампрофирового типа из окрестностей г. Томска / В.К. Чистяков, Т.С. Небера, Л.Я. Михалева // Минералогия, геохимия и полезные ископаемые Сибири. – Томск: Изд-во ТГУ, 1990. – Вып.1. – С. 160-169.
3. Небера Т.С. Влияние метасоматических процессов на рентгенолюминесценцию пород / Т.С. Небера, Н.Н. Борозновская // Геология, геохимия, минералогия и металлогения юга Сибири. – Томск: Изд-во ТГУ, 1990. – С. 32-34.
4. Небера Т.С. Люминесценция кварца из кварцевых жил СЗ части Салаира / Т.С. Небера, В.К. Чистяков // Проблемы геологии Сибири: Тезисы докладов научных чтений, посвященных 100-летию со дня рождения профессора В.А. Хахлова. – Томск: Изд-во ТГУ, 1994. – С.120-121.

5. Борозновская Н.Н. Использование типоморфных особенностей люминесценции кварца для прогноза и оценки рудоносности некоторых регионов Сибири / Н.Н. Борозновская, Т.С. Небера, В.К. Чистяков, В.П. Лесик, Е.А. Лещенко // Проблемы геологии Сибири: Тезисы докладов научной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения профессора М.П.Кортусова. – Томск: Изд-во ТГУ, 1996. – Т.2. – С.86-87.
6. Небера Т.С. Люминесценция породообразующих минералов из гранитоидов СЗ Салаира. / Т.С. Небера, Н.Н. Борозновская, В.К. Чистяков // Европейское совещание по спектроскопическим методам в минералогии. – Киев, 1996. – С. 123-124.
7. Борозновская Н.Н. Люминесценция породообразующих минералов гранитоидов Новосибирского Приобья как отражение процессов гранитообразования / Н.Н. Борозновская, Т.С. Небера // Структура и эволюция минерального мира: Материалы Международного минералогического семинара. – Сыктывкар, 1997. – С. 75-76.
8. Небера Т.С. Типоморфное значение люминесценции кварца для гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области / Т.С. Небера, Н.Н. Борозновская, В.К. Чистяков // Спектроскопия, рентгенография и кристаллохимия минералов: Тезисы докладов Международной конференции. – Казань, 1997. – С. 150-151.
9. Борозновская Н.Н. Генетическая информативность рентгенолюминесценции полевых шпатов из гранитоидов Салаира / Н.Н. Борозновская, Т.С. Небера // Проблемы генезиса магматических и метаморфических пород. Международная конференция. – Санкт-Петербург, 1998. – С. 65-66.
10. Небера Т.С. Люминесцентные критерии золотоносности жильных образований Томского района / Т.С. Небера, Н.Н. Борозновская, В.К. Чистяков // Проблемы металлогении юга Западной Сибири: Материалы региональной конференции. – Томск: Изд-во ТГУ, 1999. – С. 164-167.
11. Борозновская Н.Н. Корреляция гранитоидных массивов СЗ Салаира на основе исследования люминесценции полевых шпатов / Н.Н. Борозновская, Т.С. Небера, Т.П. Батурина // Докл.РАН. – 1999. –Т.366. – №4. – С.534-535.
12. Борозновская Н.Н. Типоморфное значение люминесценции кварца из гранитоидов и отдельных рудопроявлений Сибири / Н.Н. Борозновская, Т.С. Небера, В.К. Чистяков // Рудные месторождения, минералогия, геохимия. – Томск: Изд-во ТГУ, 2000. – С.19-28.
13. Борозновская Н.Н. Генетическая информативность люминесценции полевых шпатов из гранитоидов СЗ Салаира / Н.Н. Борозновская, Т.С. Небера // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-востока России. – Томск: Изд-во ТГУ, 2000. – Т.1. – С. 4-5.
14. Борозновская Н.Н. Фациальные особенности становления массивов Новосибирского Приобья по данным рентгенолюминесцентного анализа / Н.Н. Борозновская, Т.С. Небера, К.Л. Новоселов // Современные проблемы формационного анализа, петрологии и рудоносность магматических образований: Тезисы докладов Всероссийского совещания, посвященного 100-летию со дня рождения академика Ю.А.Кузнецова. – Новосибирск, 2003. – С. 38-39.
15. Борозновская Н.Н. Типоморфизм люминесцентных свойств кварца из массивов Новосибирского Приобья / Н.Н. Борозновская, Т.С. Небера, К.Л. Новоселов, Т.И.

Полуэктова // Кварц. Кремнезем: Материалы Международного семинара. – Сыктывкар, 2004. – С.89-91.

16. Небера Т.С. Структурный типоморфизм породообразующих минералов Новосибирского Приобья (КТСЗ) / Т.С. Небера, Н.Н. Борозновская, Т.И. Полуэктова, К.Л. Новоселов // Материалы Международного (X Всероссийского) петрографического совещания «ПЕТРОГРАФИЯ XXI ВЕКА». – Апатиты, 2005. – Т.2. – С. 155-157.

17. Борозновская Н.Н. Типоморфное значение люминесценции собственных дефектов в гранулированном кварце. / Н.Н. Борозновская, Н. С. Быдтаева, Т.С. Небера // IV Международный минералогический семинар «Теория, История, Философия и практика минералогии». – Сыктывкар, 2006.– С.101-102.

18. Небера Т.С. Состав биотитов из гранитоидов Новосибирского Приобья / Т.С. Небера // Материалы II Международной конференции « Кристаллогенезис и минералогия». – Санкт-Петербург, 2007. – С.304-306.

19. Небера Т.С. Петрогенетическое значение состава биотита из гранитоидов Новосибирского Приобья / Т.С. Небера // Материалы Всероссийской петрологической конференции «Петрология магматических и метаморфических комплексов». – Томск , 2007. – Вып. 6. – С. 113-118.

20. Небера Т.С. Типоморфное значение структурно-химических особенностей калиевого полевого шпата из гранитоидов Новосибирского Приобья (КТСЗ) / Т.С. Небера, Н.Н. Борозновская // Вестник Томского государственного университета, 2009. – № 325. – С. 206-211.

21. Небера Т.С. Пермо-триасовый гранитоидный магматизм Колывань-Томской складчатой зоны. Новые геохимические данные / Т.С. Небера // Материалы Всероссийской петрологической конференции «Петрология магматических и метаморфических комплексов». – Томск: Изд-во ТГУ, 2009. – Вып. 7. – С. 233-241.

Работы (1, 11, 20) опубликованы в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК Минобразования России.