

*Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации*

Томский государственный университет

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Материалы Международного семинара
и Республиканской школы молодых ученых

Томск, 31 марта – 4 апреля 1999 года

STRUCTURAL ANALYSIS IN GEOLOGICAL RESEARCH

Reports from International science meeting
and Republic School of young scientists

Tomsk, March 31 - April 4, 1999

Tomsk 1999

Структурные аспекты локализации малых интрузий и связанного с ними оруденения (на примере сиенитовых комплексов Северного Тянь-Шаня и Кузнецкого Алатау)

И.Ф. ГЕРТНЕР¹, В.В. ВРУБЛЕВСКИЙ¹, С.А. КОРЧАГИН²

¹Томский госуниверситет, Томск, Россия

²РЭП "Мартайга", п. Тисуль Кемеровской обл., Россия

Малые интрузии (дайки, нески, трубки взрыва и т.д.) в структурах земной коры, как правило, обнаруживают отчетливое поясовое распространение, которое контролируется глубинными разломами и зонами растяжения (рифтинга). При этом локализация относительно крупных тел и связанного с ними оруденения носит преимущественно дискретный характер, обусловленный пересечением тектонических нарушений более высокого порядка. Примеры описания подобных закономерностей достаточно часто встречаются в литературе, но ограничиваются, в основном, общим региональным анализом, без учета деталей внутреннего строения конкретных объектов.

На примере сиенитовых комплексов Таласского хребта (Северный Тянь-Шань, Киргизия) и Мариинской Тайги (северный склон Кузнецкого Алатау) рассмотрена специфика взаимоотношений внутренней структуры магматических, пирокластических и рудных образований с трещиноватостью вмещающих пород, которая может быть интерпретирована в целях прогноза месторождений полезных ископаемых.

Курганский сиенитовый комплекс малых интрузий (Киргизия)

В пределах Таласского хребта малые интрузии сиенитового состава формируют пояс северо-западного простирания вдоль Терекского разлома, ориентируясь субпараллельно Таласо-Ферганскому сдвигу. Этот пояс трассируется мелкими дайками сиенитов, мондогранитоидов и трахидолеритов (Додонова, 1964, 1967), включая ряд гипабиссальных интрузивных массивов и полиметаллических рудопроявлений (Кентор, Чаткарагай и Курган), которые были изучены авторами. Эти объекты расположены вдоль одной линейной зоны с простиранием 310° на расстоянии 7-8 км друг от друга.

Кенторский неск представляет собой концентрически-зональное, вытянутое в северо-западном направлении, тело вулканических брекчий трахиандезит-трахитового состава, содержащее в своей центральной части округлый шток монзонит-порфиров (рис. 1). Внутри тела брекчий и за его пределами отмечаются многочисленные дайки сиенитов и трахидолеритов. Геометрический анализ плоскостных и линейных структурных элементов в ориентированных образцах магматических пород подтвердил концентрическое строение данного объекта с преимущественным северо-восточным крутым падением его контактов (рис. 1, а).

Аналогичные закономерности фиксируются и для трещин внутри массива (рис. 1, в). При этом также обнаруживается отчетливая субгоризонтальная отдельность, обусловленная вертикальной ориентировкой максимального растяжения как на взрывной стадии, так и при последующем остывании пород. Установленное погружение минеральной линейности брекчий подчеркивает воронкообразную форму их тела. Ориентировка даек (рис. 1, б) полностью согласуется с залеганием самого массива и простиранием регионального пояса.

Вмещающая карбонатно-сланцевая толща характеризуется моноклиальным залеганием (простирание – 310° , падение на СВ под углом 70°) с осложняющей флексурой (рис. 1, г), которая контролирует структурное положение интрузии. Трещиноватость вмещающих пород (рис. 1, д) определяется развитием систем поперечных трещин растяжения – джойнтов (joints), локализующихся в пределах литологически однородных слоев. Их ориентировка хорошо согласуется с залеганием зон сульфидной минерализации, которые расположены преимущественно в терригенно-карбонатном обрамлении массива.

Полученные данные структурных исследований позволяют рассмотреть следующую модель формирования Кенторского некса. Достаточно быстрый подъем сиенитового расплава до уровня подземных вод, по нашему мнению, привел к резкому разрыву вмещающей толщи вдоль ее слоистости и субогласному залеганию магматического тела. При этом небольшая глубина становления и открытость системы способствовали быстрому удалению рудоносных флюидов в зоны повышенной трещиноватости в породах экзоконтакта.

Чаткарагайский массив представляет собой поле эруптивных брекчий довольно сложной конфигурации, прорванное серией мелких интрузий сиенитового состава (рис. 2). Минеральная уплотненность и контакты жильных сиенитов (рис. 2, а) ориентируются в северо-западном направлении (простирание $300-340^\circ$) с углами падения $70-80^\circ$ на северо-восток и юго-запад, т.е. конформно региональному дайковому поясу. Минеральная уплотненность в эруптивных брекчиях и контакты отдельных крупных тел сиенитов (рис. 2, б) характеризуются иным залеганием (простирание – $50-80^\circ$, падение под углом $45-70^\circ$ на ЮВ и СЗ). Аналогичную ориентировку с наиболее выраженным юго-восточным падением обнаруживают трещины отдель-

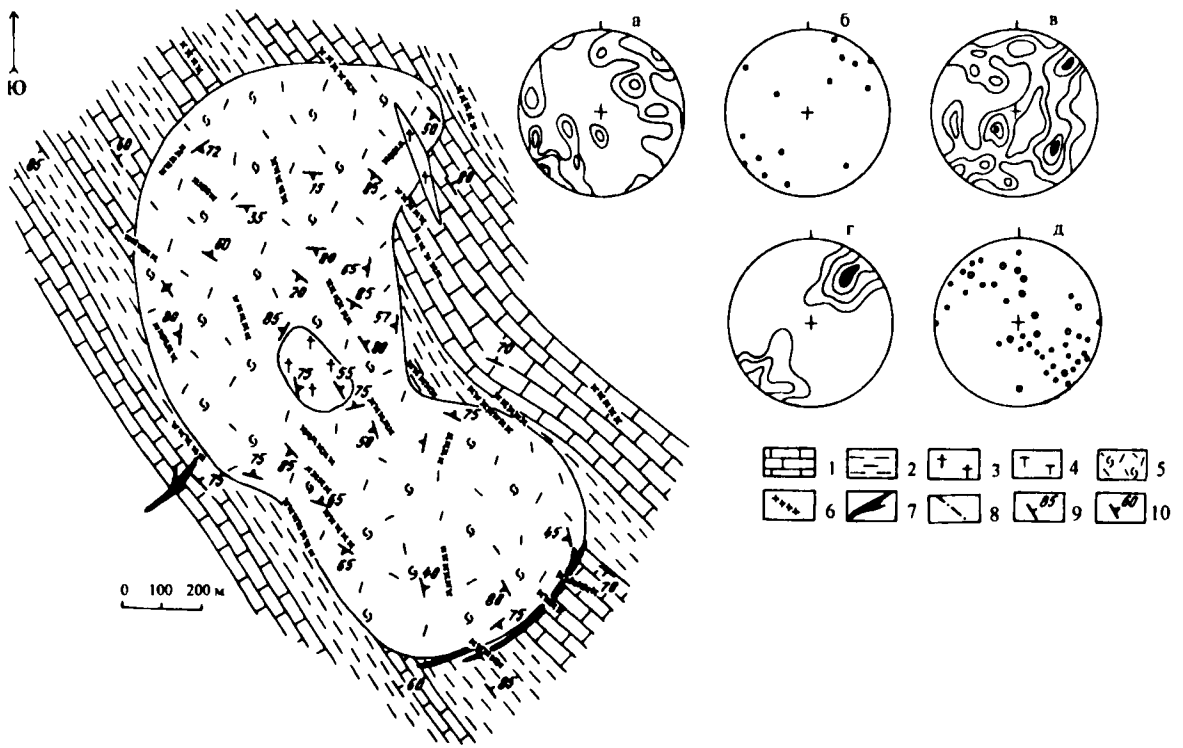


Рис. 1. Схема внутреннего строения Кенторского некка

1-2 – породы вмещающей толщи (1 – известняки, 2 – глинистые и известково-глинистые сланцы); 3-6 – магматические породы (3 – монзонит-порфиры, 4 – сиениты, 5 – вулканические и эруптивные брекчии трахисиенитового и трахитового состава, 6 – дайки сиенит-порфиров, монцогранитоидов и трахидолеритов); 7 – тела полиметаллических сульфидных руд; 8 – дизъюнктивные нарушения; 9 – ориентировка слоистости и кливажа; 10 – ориентировка минеральной уплощенности в магматических породах.

На диаграммах: а – полосы уплощенности в магматических породах массива; б – полосы минеральной уплощенности и контактовых поверхностей дайковых тел; в – полосы трещин в магматических породах массива; г – полосы слоистости и сланцеватости терригенно-карбонатных пород; д – полосы трещин (точки) и контактовых поверхностей жил (полые кружки) во вмещающих породах. Здесь и далее приведены проекции на верхнюю полу-сферу. Изолинии показаны через 1-2-4-6-8 %.

ности в этих породах (рис. 2, в). Данная система также контролирует сульфидную минерализацию (преимущественно пирротиновые вкрапленные руды), развитую в зонах контакта эруптивных брекчий и сиенитов.

Структура карбонатно-сланцевой толщи, вмещающей массив, определяется формированием серии изоклинальных складок с преобладающим субвертикальным залеганием слоистости и кливажа северо-западного простирания (рис. 2, г). Трещиноватость в данных породах обусловлена развитием секущих систем джойнтов различной ориентировки (аз. падения 140°, Р 70°; аз. падения 215°, Р 30°) (рис. 2, д).

На основании результатов структурного анализа можно предположить следующую модель формирования Чаткарагайского массива. По сравнению с Кенторским некком, в данном случае в условиях относительно низкой проницаемости изоклинально-складчатой вмещающей толщи начальный этап кристаллизации магматического расплава происходил на большей глубине. Однако, взаимодействие магмы с подземными водами также приводило к резкому повышению

давления и дальнейшему “взрывному” внедрению сиенитов. При этом интенсивное дробление вмещающих пород, выразившееся в образовании эруптивных брекчий, и становление относительно крупных тел сиенитов контролировалось трещиноватостью терригенно-карбонатной толщи, в основном, системами джойнтов. Это фиксируется в достаточно сложной и преимущественно секущей конфигурации интрузий. Рудная минерализация формировалась в системе трещин, поперечной по отношению к региональному дайковому поясу.

Курганский массив представлен штоком овальной формы (360 x 250 м) и сериями даек сиенитов, гранит-порфиров и трахидолеритов, которые приурочены к замковой части брахиантклинальной складки среди карбонатных пород. Ориентировка мелких интрузивных тел (рис. 3, а) полностью конформна региональному простиранию дайкового пояса, но резко несогласна по отношению к структуре вмещающей толщи (рис. 3, б). Эксплозивные образования здесь развиты гораздо реже и только с определенной долей услов-

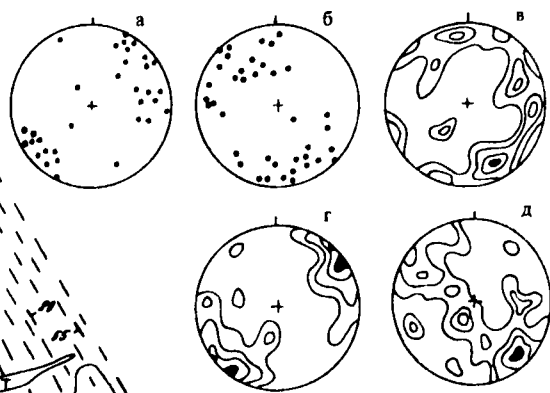
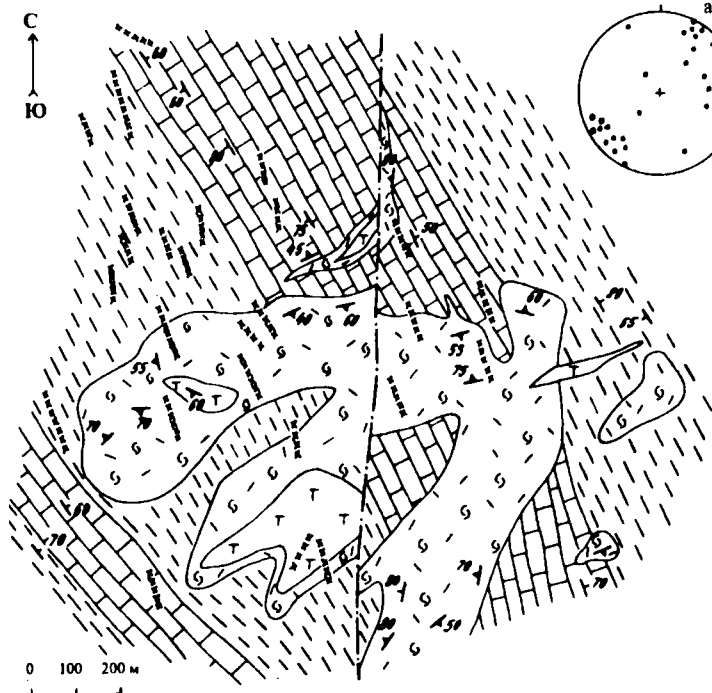


Рис. 2. Схема внутреннего строения Чаткаргайского массива

Условные обозначения см. на рис. 1.

На диаграммах: а-б – полюсы уплощенности и контактовых поверхностей жильных сиенитов (а) и зругивных брекчий (б); в – полюсы трещин отдельности в магматических породах массива; г – полюсы слоистости и сланцеватости вмещающих пород; д – полюсы трещин отдельности (джойнтов) во вмещающих породах.

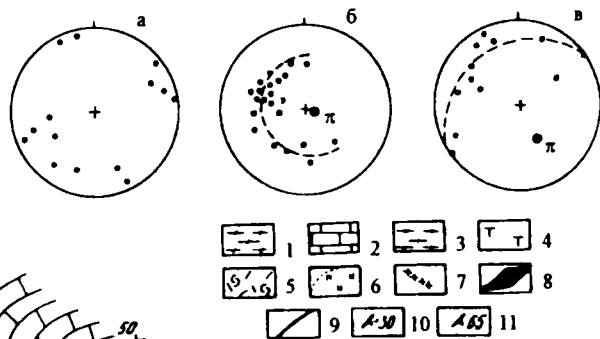
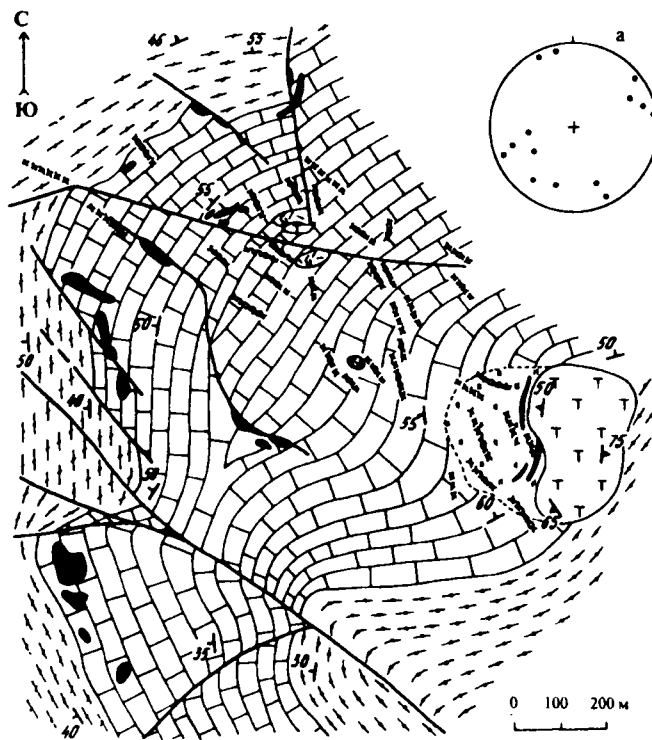


Рис. 3. Схема геологического строения Курганского месторождения

1 – железисто-глинистые и кремнисто-глинистые сланцы; 2 – известняки; 3 – эпидолговые и амфиболовые сланцы с прослоями песчаников, алевритов и известняков; 4 – ореол скарнирования в известняках. Отдельные условные обозначения те же, что и на рис. 1-2.

На диаграммах: а – полюсы контактовых поверхностей и минеральной уплощенности магматических пород; б – полюсы слоистости вмещающих пород; в – полюсы контактовых поверхностей рудных тел.

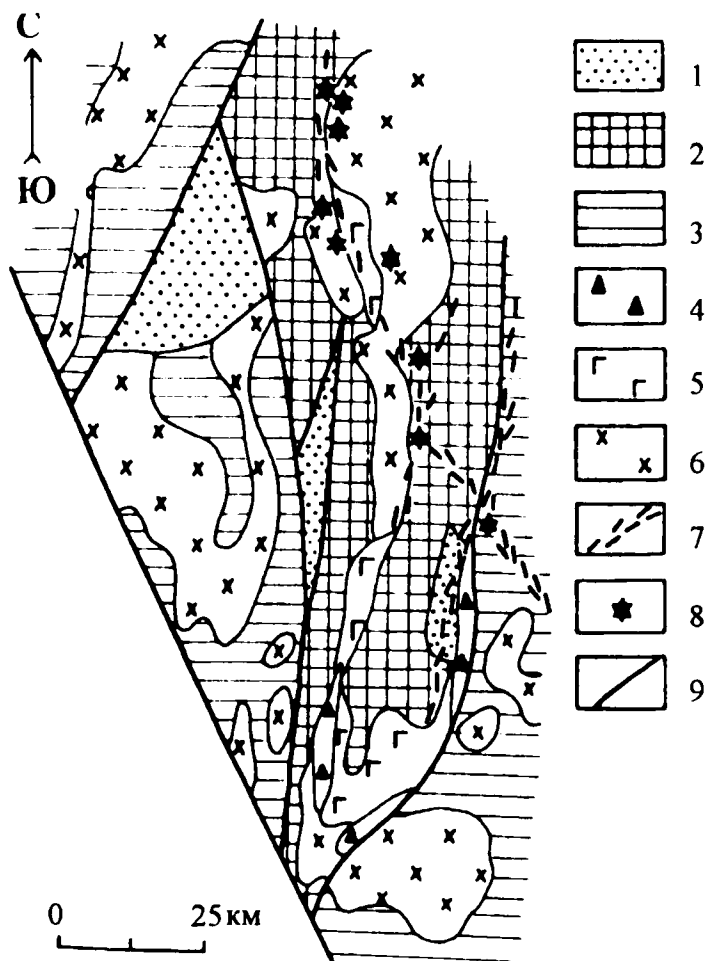


Рис. 4. Схема структурной локализации малых интрузий и связанных с ними проявлений флюорит-редкоземельной минерализации на территории северной части Кузнецкого Алатау (составлена с использованием данных Б.В. Дроздова)

1 – герцинские впадины и грабены; 2-3 – зоны каледонской консолидации (2 – синклиории, 3 – антиклиории); 4-6 – магматические комплексы (4 – гипербазитового, 5 – габброидного, 6 – диорит-гранитного состава); 7 – дайковые пояса субщелочных и щелочных пород; 8 – проявления флюорит-редкоземельной минерализации; 9 – тектонические нарушения.

ности могут быть отнесены к эруптивным брекчиям (Борозновская и др., 1998). Они слагают небольшие блоки, ориентированные субсогласно простиранию слоистости, но с более крутым падением на юго-восток. По сравнению с рассмотренными выше магматическими проявлениями, для данного массива предполагается наибольшая глубина формирования. При этом поднимающийся сиенитовый расплав был экранирован железисто-кремнисто-сланцевой толщей в замковой части брахиантиклинали.

Рудные тела, сопровождающие Курганский шток, представлены зонами сульфидно-полиметаллической и флюорит-редкоземельной минерализации. Их размещение контролируется различными структурными факторами. Флюоритовые жилы приурочены к западному экзоконтакту штока сиенитов, а сульфидная минерализация концентрируется преимущественно вдоль тектонических нарушений, секущих кровлю карбонатной пачки. Статистический анализ элементов залегания рудных тел показывает, что в большинстве случаев простирание совпадает со слоистостью осадочной толщи, а падение имеет более крутой наклон (рис. 3, в).

Сиенитовый комплекс малых интрузий Мариинской Тайги

На северном склоне Кузнецкого Алатау (Мариинская Тайга) малые интрузии пород повышенной щелоч-

ности слагают достаточно протяженные (до 30-50 км) пояса, трассирующие тектонические зоны северо-западного и северо-восточного простирания (Гертнер и др., 1988). Северо-западные структуры, ориентированные субсогласно главному глубинному разлому хребта и предполагаемому простиранию тектонических покровов (Кунгурцев, 1991), вероятно, имеют более низкий порядок и контролируют размещение редкоземельного оруденения (рис. 4). Сиенитовые интрузии в составе дайковых поясов преобладают в западной части региона, где с ними связываются многочисленные проявления флюорит-ортитовой минерализации, одно из которых (Южно-Богатырское) было изучено авторами.

Южно-Богатырское редкоземельное месторождение (рис. 5) локализовано в габбро-диоритах и монцодиоритах Малолудетского массива и включает серию пространственно сближенных рудных тел, приуроченных к пологим тектоническим структурам субширотного простирания (Мостовской, Корчагин, 1996). Оруденение представляет собой метасоматические зоны с массивной и прожилково-вкрапленной флюорит-ортитовой минерализацией и ассоциирующими с ними кварцевыми жилами. В пределах месторождения отмечаются небольшие штоки и дайки щелочных сиенитов, сиенит-порфиров и трахидолеритов, а также

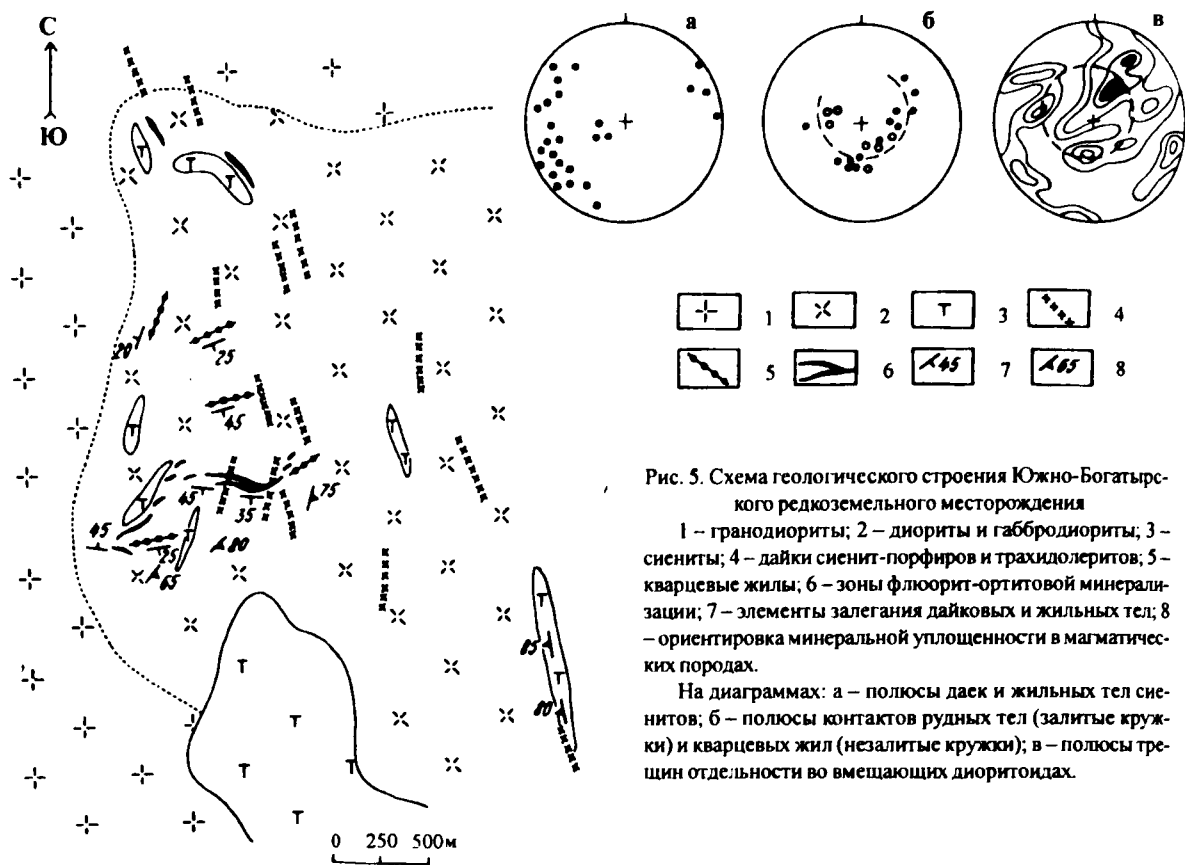


Рис. 5. Схема геологического строения Южно-Богатырского редкоземельного месторождения

1 – гранодиориты; 2 – диориты и габбродиориты; 3 – сиениты; 4 – дайки сиенит-порфиров и трахидолеритов; 5 – кварцевые жилы; 6 – зоны флюорит-ортитовой минерализации; 7 – элементы залегания дайковых и жильных тел; 8 – ориентировка минеральной уплощенности в магматических породах.

На диаграммах: а – полюсы даек и жильных тел сиенитов; б – полюсы контактов рудных тел (затитые кружки) и кварцевых жил (незатитые кружки); в – полюсы трещин отдельности во вмещающих диоритоидах.

многочисленные прожилки полевошпатового состава. Парагенетическая связь оруденения с данными образованиями предполагается по ряду минералогических признаков (Борозновская и др., 1996; Гертнер и др., 1997).

Результаты геометрического анализа ориентировки контактовых поверхностей магматических тел сиенитондов и уплощенности слагающих их минералов (рис. 5, а) указывают на преобладающее северо-западное простирание ($320\text{--}340^\circ$) и крутое падение на юго-запад под углом $70\text{--}75^\circ$ этих структурных элементов. Рудные тела и кварцевые жилы (рис. 5, б) обнаруживают иную ориентировку. На стереодиаграмме полюсы их контактов рассеиваются вдоль дуги с радиусом $35\text{--}40^\circ$, фиксируя купольную структуру с субвертикальной осью. При этом преобладающими направлениями падения плоскостных элементов является юг и юго-восток. Аналогичные закономерности устанавливаются и для трещин отдельности во вмещающих магматитах (рис. 5, в), что в целом подтверждает наложенный характер оруденения.

В качестве структурно-генетической модели Южно-Богатырского месторождения можно предположить схему, подобную описанной выше для Курганского массива. Флюорит-ортитовая минерализация сформировалась в непосредственной близости от сиенитового штока, используя трещиноватость вмеща-

ющей рамы. Преобладающее погружение рудных тел в направлении наиболее крупных сиенитовых интрузий, а также интенсивная калишпатизация пород обрамления, позволяют прогнозировать наличие нескрытого магматического объекта на юго-восточном фланге месторождения, где по данным аэрогамма съемки фиксируется центр радиоактивной аномалии.

Обсуждение результатов

Несмотря на различную обстановку формирования изученных объектов, в их строении отмечаются сходные черты, которые определяются общими закономерностями структурной локализации малых интрузий и связанного с ними оруденения. Полученные результаты исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Пространственное распределение малых интрузий носит поясовый характер и контролируется крупными тектоническими структурами регионального плана, которые фиксируют зоны растяжения в земной коре. При этом ориентировка магматических тел, как правило, строго соответствует простиранию пояса.

2. Распределение интрузий и связанных с ними рудопроявлений внутри пояса дискретно и нередко характеризуется выдержанным расстоянием между их скоплениями, указывающими на развитие крупных автономных субвулканических структур.

3. Соотношение структур вмещающей рамы и дайкового пояса определяют характер внедрения и глубину кристаллизации магматического расплава. Субсогласное моноклиальное залегание вмещающих пород способствует быстрому подъему магмы и формированию собственно вулканических аппаратов (Кенторский тип), а наличие поперечных антиклинальных и купольных структур – образованию в их замковых частях более глубинных штокообразных тел (Курганский тип).

4. Пространственная ориентировка зон рудной минерализации и тел эруптивных брекчий в пределах массивов контролируется трещиноватостью вмещающей рамы, но всегда ортогональна по отношению к дайковому поясу. В случае субсогласной слоистости вмещающих пород рудоносные растворы используют джойнт-системы (systematic joints), а в случае поперечной ориентировки напластования – межслоевые трещины отрыва или сдвига (shear fractures).

Роль секвентных тектонических структур в дискретном расположении интрузий может быть проанализирована с позиций развития трещиноватости в горных породах. Изучение характера распределения трещин в стратифицированных толщах карбонатной формации Геофит в южном Израиле (Becker, Gross, 1996), показало, что расстояние между тектоническими зонами контролируется мощностью механически однородного слоя, в котором они развиваются. Исходя из этого, можно предполагать, что локализация субвулканических очагов внутри пояса обусловлена заложением поперечных разломов (зон повышенной трещиноватости) более высокого порядка в приповерхностных, относительно однородных осадочно-метаморфических толщах. Например, расстояние 5-10 км между отдельными проявлениями магматизма, часто фиксируемые в складчато-надвиговых поясах, обычно коррелируются с мощностью разреза толщ зеленосланцевого метаморфизма, залегающих выше деколемента (decolement).

Благодарности. Авторы глубоко признательны бывшему директору СП “Кумуштак” А.А. Конохову и главному геологу РЭП “Мартайга” А.И. Мостовскому за содействие в проведении полевых исследований, а также доктору А. Беккеру за обсуждение отдельных положений данной работы.

Литература

Борозновская Н.Н., Врублевский В.В., Гертнер И.Ф., Коноваленко С.И., Корчагин С.А., Мостовской А.И. Рентгенолюминисценция флюорита как критерий условий минералообразования редкоземельных руд / Магматизм и геодинамика Сибири: Тез. докл. научн. конф. Томск, 1996, с.147-148.

Борозновская Н.Н., Врублевский В.В., Гертнер И.Ф., Аксенов А.В. Типоморфные особенности люминисценции флюорита и кальцита с процессах редкоземельного рудообразования / Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Т. 3. Петрология, геохимия, минералогия и металлогения: Мат. научн. конф. Томск, 1998, с. 29-31.

Гертнер И.Ф., Корчагин С.А., Макаренко Н.А., Осипов П.В. О пространственной локализации высокощелочных дайковых пород Мариинской Тайги – индикаторов нефелинового оруденения / Актуальные вопросы геологии Сибири: Тез. докл. научн. конф. Томск, 1988, с. 165-167.

Гертнер И.Ф., Борозновская Н.Н., Врублевский В.В., Аксенов А.В. Влияние постмагматических процессов на рентгенолюминисценцию полевых шпатов при формировании редкоземельных руд / Структура и эволюция минерального мира: Мат. междунар. научн. семинара. Сыктывкар, 1997, с. 118-119.

Додонова Т.А. Кенторский нект (хребет Таласский Алатау) // Зап. Кирг. отд. ВМО, вып. 2, 1961.

Додонова Т.А. Малые интрузии Чат-Карагайского месторождения (Северный Тянь-Шань) / Металлогения и магматизм Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1967.

Кунгурцев Л.В. Палеодинамические комплексы и оруденение Кузнецко-Горноалтайского сегмента Кузнецко-Алтайско-Северосаянской палеоостровной дуги / Палеодинамика и формирование продуктивных зон Южной Сибири. Новосибирск: ОИГГиМ СО РАН, 1991, с. 82-105.

Мостовской А.И., Корчагин С.А. Месторождение иттроортита в Кузнецком Алатау / Проблемы геологии Сибири: Тез. докл. научн. конф. Т. 2. Томск: ТГУ, 1996, с. 335-336.

Becker A., Gross M.R. Mechanism for joint saturation in mechanically layered rocks: an example from southern Israel // Tectonophysics, 1996, v. 257, p. 223-237.

Structural aspects of localization of small intrusions and related mineralization (an example of syenite complexes from the Northern Tien Shan and Kuznetsky Alatau)

I.F. GERTNER¹, V.V. VRUBLEVSKY¹, S.A. KORCHAGIN²

¹ Tomsk State University, Tomsk, Russia

² Mining Company “Martaiga”, Tisul, Kemerovo region, Russia

The role of some fracture systems for the formation of the internal structure in magmatic bodies and related mineralization is showed on the example of small intrusion complexes of syenite type. In above regions the small intrusion spacing is described as a belt that conform to a low order fault. Nevertheless in our opinion the localization of single subvolcanic massif and its related ore deposits is controled by cross fracture zones or high order faults that develop by a multi-layer jointing in the upper part of Earth crust.