

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ им. В.С. СОБОЛЕВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

ВАСЮКОВА Елена Александровна

**ПЕТРОЛОГИЯ И ФЛЮИДНЫЙ РЕЖИМ ФОРМИРОВАНИЯ
ЛАМПРОФИРОВ ЧУЙСКОГО КОМПЛЕКСА
(ЮВ АЛТАЙ-СЗ МОНГОЛИЯ)**

25.00.04 - петрология и вулканология

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Научный руководитель
доктор геол.-мин. наук
Борисенко Александр Сергеевич

НОВОСИБИРСК – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕЗОЗОЙСКИХ МАГМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	13
Глава 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ГЕОХРОНОЛОГИЯ ДАЕК ЧУЙСКОГО КОМПЛЕКСА И ТАРХАТИНСКОГО МАССИВА.....	22
2.1. Геологическое положение исследуемых объектов	22
2.1.1. Геологическая позиция комплекса в структурах региона.....	22
2.1.2. Магматизм региона	24
2.1.3. История и причины выделения ареалов чуйского комплекса.....	25
2.1.4. Краткая геологическая характеристика изученных ареалов	28
2.2. Объект исследования	35
2.3. Геохронология даек чуйского комплекса и пород Тархатинского массива	39
Глава 3. МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАМПРОФИРОВ ЧУЙСКОГО КОМПЛЕКСА И СИЕНИТОВ ТАРХАТИНСКОГО МАССИВА	45
3.1. Петрографическая характеристика пород.....	45
3.2. Особенности состава минералов лампрофиров и сиенитов	54
3.2.1. Слюды	54
3.2.2. Пироксены	63
3.2.3. Полевые шпаты	64
3.2.4. Хлорит	66
3.2.5. Кварц.....	66
3.2.6. Апатит.....	67
3.2.7. Карбонаты.....	72
3.2.8. Оксиды.....	73
3.2.9. Сульфаты.....	74
Глава 4. ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАМПРОФИРОВ ЧУЙСКОГО КОМПЛЕКСА И ПОРОД ТАРХАТИНСКОГО МАССИВА. ИЗОТОПНЫЕ ДАННЫЕ	76
4.1. Общие петрохимические характеристики	76
4.2. Геохимические особенности.	82
4.3. Сравнительный геохимический анализ исследуемых пород и других раннемезозойских лампрофировых комплексов Азии.....	84
4.4. Изотопный состав пород (Nd, Sr).....	88

Глава 5. ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПЛАВНЫХ И ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ ПОРОД ЧУЙСКОГО КОМПЛЕКСА.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	108
ЛИТЕРАТУРА	109
Приложение 1.....	125
Таблица 3-1.....	128
Таблица 3-2.....	136
Таблица 3-3.....	140
Таблица 3-4.....	144
Таблица 3-5.....	145
Таблица 3-6.....	152
Таблица 3-7.....	153
Таблица 3-8.....	154
Таблица 3-9.....	156
Таблица 3-10.....	158
Таблица 3-11.....	159
Таблица 4-1.....	160
Таблица 5-1.....	164
Таблица 5-2.....	166

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

Ab – альбитовый минал в плагиоклазе
An - анортитовый минал в плагиоклазе
Ano – анортитоклаз
Ap- апатит
Aug – авгит
Bt – биотит
Chl - хлорит
Clt-Brt – целестинобарит
Cpx – клинопироксен
Di – диопсидовый минал в пироксене
Dol - доломит
En – энстатит
Fl - флюорит
Gth – гётит
Fs – ферросиллит
Hed – геденбергитовый минал в пироксене
Hem – гематит
Ilm – ильменит
Kfs – K-Na полевой шпат
Mag – магнетит
Opx – ортопироксен
Phl – флогопитовый минал железо-магнезиальных слюд
Pl – плагиоклаз
Qtz – кварц
Rut – рутил
Sd - сидерит
Ttn – титанит (сфен)
Wo – волластонитовый минал в пироксене
Zrn – циркон

BSE – силикатная часть Земли
DM - деплетированная мантия
HFSE – высокочarged литофильные элементы
HREE – тяжёлые редкоземельные элементы
LILE – литофильные элементы с большим ионным радиусом
LREE – лёгкие редкоземельные элементы
PM - примитивная мантия
REE – редкоземельные элементы
f – железистость минералов ($f = \text{Fe}^{2+} / (\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$)
#mg – магнезиальность ($\#mg = \text{MgO} / (\text{FeO} + \text{MgO})$)
HIMU, EMI, EMII - обогащённые мантийные источники

вес. % - весовые проценты
мас. % - массовые проценты
н.п.о. – ниже предела обнаружения
мкм – микрометр
мм – миллиметр
см - сантиметр
м-ние - месторождение

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Дайковые комплексы известково-щелочных и щелочных лампрофиров, представленные такими породами как керсантиты, минетты, камптониты, вогезиты, мончикиты, часто проявлены в рудных районах разного металлогенического профиля, где они пространственно ассоциируют с разными типами оруденения близкого им по возрасту: Sn-сульфидным, Sn-Ag, Ag-Sb, Sb и Sb-Hg, Ag-Ni-Co, Au-As, Ag-Pb-Zn и другими. Одним из таких районов, модельным для решения различных рудно-петрологических задач является рудный район ЮВ Алтая и СЗ Монголии, в котором в раннем мезозое сформировались чуйский лампрофировый, тархатинский монцодиорит-граносиенитовый и теранжинский монцодиорит-гранитный комплексы и Ag-Sb, Sb и Sb-Hg, Ag-Ni-Co и другие типы оруденения (Оболенская, 1963, 1971, 1979, 1983, Кузнецов, 1975, Кузнецов и др., 1964, 1963, Митропольский, Кулик, 1975, Оболенский, 1985, Оболенский, Оболенская, 1968, Михалева, 1962, 1963, 1986, 1989, Борисенко и др., 1984, 1991, 1992, 2006, Врублевский и др., 2004, 2005, Крупчатников, 2010, Гусев и др. 1991, 2009, 2010, Павлова, 2010, Говердовский, Третьякова, 2012 и др.).

Чуйский дайковый комплекс насчитывает более 400 лампрофировых даек раннемезозойского возраста, и проявлен на территории в структурах Горного и Монгольского Алтая. В пределах комплекса разные исследователи выделяли от трех до шести отдельных дайковых поясов или ареалов. При этом было показано, что разные ареалы пространственно связаны с близкими по возрасту гидротермальными месторождениями и рудопроявлениями разных типов. Так, в Акташском ареале проявлено в основном Sb и Hg оруденение (м-ния Акташское, Курайское др.), в Южно-Чуйском ареала известны Mo-W (Калгутинское), Ag-Pb-Zn (Чаганбургазинское) и Cu-Ba-Hg (Джилкыдал, Отсалар) месторождения, в Юстыдском ареале преобладает Ag-Sb (Асгат, Озерное, Пограничное и др.) и Ni-Co-As (м-ние Асхатиин гол) оруденение.

Выяснение особенностей геологических условий формирования пород чуйского комплекса, общей хронологии его становления, пространственно-временных и генетических соотношений лампрофиров с другими магматическими образованиями и оруденением, изучение вещественного состава, геохимической специализации, включая изотопно-геохимические и геохронологические характеристики, является важной фундаментальной и прикладной задачей геологических и металлогенических исследований. Их изучение необходимо и важно как для построения корректных геолого-генетических моделей рудно-магматических систем, так и для разработки надежных прогнозно-поисковых критериев ассоциирующего Ag-Sb, Ag-Pb, Hg-Sb и Ni-Co-As оруденения.

Объектом исследования являются лампрофиры чуйского комплекса, породы монцодиорит-граносиенитового Тархатинского массива (ЮВ Алтай – СЗ Монголия), слагающие их минералы, расплавные и флюидные включения.

Целью работы является выяснение хронологии формирования, источников породообразующих расплавов лампрофиров чуйского комплекса и сопутствующих им сиенитов Тархатинского массива, их флюидного режима и металлоносности магматических флюидов.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Изучить геологическое положение даек лампрофиров в структурах Горного Алтая, внутреннее строение и морфологию самих даек.
2. Исследовать минеральный, химический и изотопный состав пород.
3. Охарактеризовать источники расплавов исследуемых пород.
4. Установить временные границы и общую хронологию формирования чуйского комплекса и связанного с ним оруденения.
5. Изучить флюидный режим кристаллизации лампрофиров, установить состав и металлоносность связанных с ними магматических флюидов

Фактический материал и методы исследования. Для выполнения исследований автором были проведены полевые работы в 2009-2012 гг. В ходе них была собрана представительная коллекция, включающая более 118 проб из лампрофировых даек Южно-Чуйского, Юстыдского и Акташского ареалов чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива. Кроме того, в работе использовался каменный материал, собранный сотрудниками лаборатории рудно-магматических систем и металлогении ИГМ СО РАН в 1970-90-е годы по Юстыдскому и Акташскому ареалам. Таким образом, в исследованиях было задействовано 130 проб лампрофиров и сиенитов, из которых было сделано 150 петрографических шлифов и более 100 препаратов для изучения флюидных и расплавных включений.

По 39 пробам был определен валовый состав пород методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (РФА). В 34 из них было определено содержание редких и рудных элементов (Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Sb, Cs, Ba, PЗЭ, Hf, Ta, Th, U, Hg, As, W, Pb, Sc, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Mo и Sn) методом ICP-MS на приборе ELEMENT фирмы Finnigan Mat). Для 6 проб пород был определен изотопный состав Sr и Nd методом (ИГГД РАН, Санкт-Петербург (аналитики В.П. Ковач, Н.Ю. Загорская). Выполнено 11 определений возраста было сделано Ar-Ar методом по флогопиту и 3 определения – по циркону методом SHRIMP II (Центр изотопных исследований ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург). Для изучения состава минералов и стекол закалённых расплавных включений сделано более 500 микрорентгеноспектральных анализов (микроанализатор JEOL JXA8100, Cameca Camebax-Micro, LEO 1430 VP). Определение редкоэлементного состава минералов (7 анализов), а также состава и металлоносности флюидных включений выполнено методом LA-ICP-MS на приборе ELEMENT с лазерной установкой UP213 фирмы NewWaveResearch (USA) с ультрафиолетовым лазером Nd:YAG (длина волны = 213 нм). Для изучения флюидного режима применялись термобарогеохимические методы. Гомогенизация флюидных и расплавных включений проводилась в крио- и термокамерах (THMSG600 фирмы Linkam в диапазоне температур от -180 до +500 С и с помо-

щью контрольно-измерительного комплекса ТК1500 в диапазоне температур от +25 до 1200 С). Состав газовой фазы включений и диагностика твёрдых фаз проводилась методом КР (рамановской) спектроскопии (КР-спектрометр Jobin Yvon Ramanog U-1000). Большинство аналитических работ проводилось на базе ЦКП Аналитического центра ИГМ СО РАН и лаборатории термобарогеохимии ИГМ СО РАН за исключением тех исследований, для которых место проведения указано выше.

Защищаемые положения.

1. По данным геологических и геохронологических исследований (U-Pb (SHRIMP) и Ar-Ar методы, таблица 1) длительность развития щелочного мезозойского магматизма на территории ЮВ Алтая и СЗ Монголии составляла около 20 млн лет и протекало в два этапа: (1) 251-242 млн лет и (2) 237-234 млн лет, которые проявлены во всех локальных ареалах чуйского комплекса. Первый и второй этапы завершились формированием Ag-Sb (240 млн лет) и Sb-Hg (234-231 млн лет) оруденения соответственно. Становление Тархатинского массива совпадает по времени с первым этапом формирования чуйского комплекса.

2. Материнские расплавы, формирующие лампрофиры разных ареалов, образовались при низких степенях плавления гранат-содержащих, в разной степени метасоматизированных мантийных источников, схожих по редкоэлементному составу, но отличных по изотопным характеристикам. Расплав по мере кристаллизации насыщался флюидными компонентами (F, P₂O₅, CO₂, H₂O), что привело к обособлению карбонатной или фосфатно-карбонатной жидкости. В расплавах Юстыдского и Акташского ареалов отделение карбонатной жидкости достигалось вследствие ликвации. В Южно-Чуйском ареале фосфатно-карбонатный расплав обособлялся на заключительной стадии кристаллизации пород как остаточная фаза.

3. Магматогенные флюиды, отделявшиеся от расплавов, формировавших лампрофиры Южно-Чуйского ареала, являлись окисленными хлоридно-сульфатными

по составу. Более восстановленные флюиды расплавов Юстыдского ареала отличались присутствием метана в газовой фазе. Специфика металлоносности (Fe, Mn, Ag, Sb, Co, Ni и др.) флюидов отвечает составу профилирующих компонентов руд ассоциирующего с ареалами лампрофиров гидротермального оруденения (Ni-Co-As, Ag-Sb, Sb-Hg).

Практическое значение и внедрение.

1. Материалы диссертации могут быть использованы для уточнения легенды геологических карт Алтая, ЮЗ Тувы и СЗ Монголии, построения петрогенетических моделей рудно-магматических систем.

2. Установленный факт отделения карбонатной жидкости в процессе эволюции щелочно-базитового расплава указывает на возможность выявления карбонатов в районе развития даек чуйского комплекса, что может иметь экономический интерес в связи с их потенциальной рудоносностью.

3. На примере Юстыдского ареала чуйского комплекса получены новые данные о генетической связи лампрофиров с Ag-Sb оруденением, что важно для разработки критериев поисков месторождений этого типа.

Научная новизна:

- Впервые двумя разными геохронологическими методами (Ar-Ar и U-Pb) уточнены и расширены границы времени проявления чуйского комплекса и выделены 2 этапа его формирования: 251–242 и 236–234 млн лет. Это свидетельствует о двух импульсах щелочного мантийного магматизма, которые проявились во всех трёх изученных ареалах чуйского комплекса.

- В результате петролого-геохимических, изотопных и геохронологических исследований доказана комагматичность лампрофировых даек Южно-Чуйского ареала чуйского комплекса и плутонических пород Тархатинского массива, который ранее выделялся в составе самостоятельного тархатинского комплекса. Показано, что становление данного массива приурочено к первому этапу формирования

и может фиксировать одну из стадий эволюции магмы для щелочно-базитовых расплавов чуйского комплекса.

- Петро- и геохимические особенности лампрофиров чуйского комплекса (парные корреляции MgO-SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, CaO-SiO_2 , FeO-SiO_2 , $\text{P}_2\text{O}_5\text{-SiO}_2$, обогащение LREE, деплетирование HREE, минимумы по Sr, Nb, Ta, Hf, Zr, Ti) являются петротипическими для комплексов лампрофиров центрального и СЗ Вьетнама, СЗ Китая и Таймыра, проявленных в обстановках смены режимов сжатия-растяжения.

- Впервые для чуйского комплекса установлено, что в процессе эволюции щелочно-базитовых расплавов, формировавших лампрофиры, происходило отделение несмешивающейся преимущественно карбонатной или фосфатно-карбонатной жидкости, которая закристаллизовалась в виде оцелллей в лампрофирах Юстыдского ареала, или апатит-карбонатного цемента в интерстициях между сферолитами полевого шпата в лампрофирах Южно-Чуйского ареала. Этот вывод хорошо согласуется с существующими схемами эволюции силикатно-карбонатного расплава [Андреева, 2000; Соловова, 2005; Panina, 2005 Панина, Моторина, 2008].

- Впервые на основе изучения флюидных, кристалло-флюидных и расплавных включений в минералах лампрофиров чуйского комплекса определены особенности кристаллизации лампрофиров чуйского комплекса, установлены состав, свойства и металлоносность связанных с ними магматогенных флюидов. В них выявлены высокие содержания Sb, As, Hg и других рудных элементов, что подтверждает генетическую связь лампрофиров с Ni-Co-As, Ag-Sb и Sb-Hg оруденением, проявленным в ареале чуйского комплекса.

Личное вклад. Основу диссертации составляют исследования, проведенные в период 2009-2014гг. Автором в ходе полевых работ 2009-2012гг. была собрана представительная коллекция образцов лампрофиров Южно-Чуйского, Юстыдского и Акташского ареалов чуйского комплекса и пород Тархатинского массива. Автором была самостоятельно выполнена пробоподготовка для петрохимических, геохимических исследований, датирования $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом, изготовление препара-

тов для КР-спектроскопии и термобарогеохимических исследований. Соискателем были выполнены все приведённые в диссертации микрозондовые анализы, термобарогеохимические исследования, КР-спектроскопия, проведена интерпретация полученных данных, написаны тексты статей и материалы тезисов.

Апробация работы.

Отдельные разделы диссертации докладывались на двух российских и пяти международных конференциях. Среди них: III Азиатская конференция по изучению флюидных включений (ACROFI III) и 14-ая Международная конференция по термобарогеохимии (TBG XIV) - Новосибирск 15-20 сентября 2010 г.; 5-ая Сибирская конференция молодых учёных (Новосибирск, 29. ноября-2 декабря 2010 г.); Международная конференции «Лампрофиры и связанные с ними базитовые породы», (Рожанка, Польша, 14-17 октября 2010 г.); Международная Ассамблея Европейского союза по наукам о земле, EGU2012 (Вена, Австрия, 22-27 апреля 2012 г.); Международная конференция по геохимии, Гольдшмидт2013 (Флоренция, Италия, 25-30 августа 2013 г.), Второе Российско-Казахстанское международное научное совещание «Корреляция алтаид и уралид: магматизм, метаморфизм, геохронология, геодинамика и металлогеническое прогнозирование» (Новосибирск. Россия, 1-4 апреля 2014)

Структура и объём работы.

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы и содержит 166 страниц текста, 40 рисунков и 17 таблиц, 1 приложение. Список литературы включает 142 наименования.

Благодарности.

Работа выполнена в лаборатории рудно-магматических систем и металлогении ИГМ СО РАН под руководством д.г.-м.н. А.С. Борисенко, которому автор выражает глубокую признательность за внимание и поддержку, оказанную как в период полевых работ, так и на всех этапах написания диссертации. Автор искренне благодарит коллег, сотрудников ИГМ СО РАН, чл.-корр., д.г.-м.н. Г.В. Полякова, д.г.-

м.н. А.Э. Изоха, д.г.-м.н. О.М. Туркину, д.г.-м.н. Г.Г. Павлову, к.г.-м.н. А.А. Боро-
викова, к.г.-м.н. Р.А. Шелепаева, к.г.-м.н. А.В. Лавренчука, к.г.-м.н. Н.Н. Крука,
к.г.-м.н. С.З. Смирнова, к.г.-м.н. В.П. Чупина, д.г.-м.н. С.Н. Руднева, к.г.-
м.н. В.М. Калугина, к.г.-м.н. И.А. Андрееву, к.г.-м.н. В.А. Говердовского.

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ
лаборатории рудно-магматических систем и металлогении (214) ФГБУН ИГМ СО
РАН и при финансовой поддержке грантов Президиума РАН (№27.1), РФФИ
(№№14-05-00893, 10-05-00730, 11-05-12058-афи-м-211).

Глава 1. ИСТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕЗОЗОЙСКИХ МАГМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ- САЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Детальное изучение интрузивных комплексов АССО продолжается уже более 70 лет. Основы были заложены пионерскими работами А.Ф.Белоусова и Э.П.Изоха, в которых описывались методические основы расчленения и картирования вулканических и гранитоидных комплексов при региональных геологосъёмочных работах, а также были созданы первые базы данных по петрохимии, разработаны и реализованы принципы использования и графического показа на специализированных картах вещественных характеристик магматитов [Белоусов, 1976; Белоусов и др., 1972, 1974, 1982; Изох, 1978; Изох и др., 1975, Налетов, 1976; Белоусов, Кривенко, 1983; Оболенская, 1983]. Однако появление новых изотопно-радиологических данных [Владимиров и др., 1994, Рублев, 1994, 1995; Борисенко и др., 2010; Врублевский и др., 2004а], данных о вещественном составе комплексов, полученные современными методами, а также введение в 1996 Петрографическим кодексом обновлённого понятия вулканического комплекса обусловили необходимость обновления легенды к картам региона. Это подразумевает не только корреляцию магматических комплексов, но и решение проблемы их выделения, выявления последовательности формирования внутри каждого комплекса и в целом региона. Эти задачи остаются актуальными и на сегодняшний момент.

Горный Алтай находится в западном сегменте Алтае-Саянской складчатой области (АССО) в составе Центрально-Азиатского складчатого пояса. Кроме Горного Алтая в этот сегмент на сегодняшний день включают горно-складчатые сооружения Кузнецкого Алатау, Салаира, Новосибирского Приобья, Колывань-Томской зоны, Горной Шории, Рудного Алтая и Кузбасса.

Комплексы щелочных базальтоидов проявлялись на разных этапах геологического времени. На сегодняшний день по литературным данным можно выделить 4 главных района АССО со значимыми ассоциациями щелочно-базальтоидных пород.

1) **В Горной Шории** проявлена ассоциация долерит-лампрофир-плагиогранитных пород, секущая углеродисто-терригенные толщи убинской свиты. Ассоциация пород, включающая щелочные базальтоиды, распространена в Бийско-Катунской формационной зоне и приурочена к Кузнецко-Алатаускому разлому. Впервые была выделена А.И. Гусевым [Гусев, 2005]. На основании геологических данных её возраст раннекембрийский. Отмечается, что породы этой ассоциации совмещены с золотосульфидным оруденением.

В этом же районе, на севере Кузнецкого Алатау, находится *бериккульский* риодацит-базальт-трахибазальтовый комплекс, который коррелируется с трахидацит-трахит-трахибазальтовым таштагольско-мундыбашским комплексом в Горной Шории. Оба комплекса отличаются повышенной общей и калиевой щёлочностью и имеют раннекембрийский возраст [Шокальский и др., 2000]. Особенности состава пород свидетельствуют об их принадлежности к известково-щелочной, умеренно-щелочной и шошонитовой петрохимическим сериям.

Также повышенная общая щёлочность и калиевоcть характерна для пород *Леспромхозного* монцогаббро-меланосиенитового комплекса. Массивы комплекса сопряжены с одноимённым железорудным месторождением. Возраст, состав и формационная принадлежность интрузивов постоянно дискутируются. Геохронологические определения не проводились, а геологические исследования разных авторов не дают точных результатов, указывая лишь на промежуток от раннекембрия до ордовика-силура [Шокальский и др., 2000].

Кроме того, на границе Горной Шории и Западного Саяна, в пределах Мрасского сектора магматического пояса выделена ассоциация девонских умеренно-щелочных габброидов [Владимиров и др., 1994; Изох и др., 1995]. Возраст петро-

типического Лужбинского массива установлен U-Pb методом по цирконам и составляет 409 ± 19 млн лет.

2) В **Томь-Колыванской зоне** отмечаются несколько маломощных даек, прорывающих алевролиты и глинистые сланцы девона-нижнего карбона ярской свиты. Слагающие дайки породы имеют порфиритовую структуру с оливином и клинопироксеном во вкрапленниках и преимущественно калишпатовой основной массой с флогопитом и клинопироксеном. Описываемые дайки авторы относят лампрофитоидным породам, называя оливин-пироксеновыми минеттами [Чистяков и др., 1990] или к керсантитам [Федосеев и т.д., 2005]. На основании петрохимических характеристик (недосыщенность кремнезёмом, повышенные содержания Sr, преобладание K над Na) можно предположить, что они имеют сложную гибридную природу с участием щелочно-базитового расплава. Возраст таких даек, полученный по вкрапленникам пироксена $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом составляет $242,5 \pm 2,3$ млн лет.

3) В **Кузнецком Алатау** находится *горячегорский* комплекс нефелинсодержащих и ассоциирующих с ними щелочных и умеренно-щелочных мезогипабисальных пород. В том числе в его состав включают нефелиновые и безнефелиновые титан-авгитовые с баркевикитом камптониты [Уваров, Уварова, 2008]. Возраст определён по валовому составу пород Кия-Шалтырского массива, входящего в состав комплекса (Rb-Sr метод, $406 \pm 2,2$ млн лет) [Gertner et al., 2007] и циркону из пегматоидных нефелиновых сиенитов (U-Pb метод, $400,9 \pm 6,8$ млн лет) [Врублевский и др., 2004a].

Рядом с ним, на северо-западной окраине Северо-Минусинской впадины и прилегающей территории Кузнецкого Алатау проявлен *базырско-ашпанский* трахит-тефрит-трахибазальтовый комплекс. Он характеризуется присутствием редких нефелиновых пород с экстремально высокими содержаниями щелочей и глинозёма.

Самый молодой *тергешский* щелочно-базальтовый комплекс выделен по материалам изучения вулканических трубок взрыва и даек в Северо-Минусинской впадине [Соболев, 1988]. Все тела сложены трахибазальтами, базанитами, их эруп-

тивными брекчиям, рвущими терригенные отложения девона и карбона. Определения их возраста варьируют от 65-45 млн лет (К-Ar метод, [Зубков, 1986]) до 77,9 по результатам изотопных исследований цирконов, [Mantle xenolites..., 1995] и 82-77 млн лет, определённым Ar-Ar методом с подтверждением палеомагнитными данными [Брагин и др., 1999, Мальковец, 2001].

4) **В Горном Алтае**, на юго-востоке Российского Алтая – северо-западе Монголии, щелочной магматизм развит наиболее широко. На правом берегу р. Ирбисту у её выхода в Чуйскую впадину описаны покровные *ирбистинские* базальты, секущие метафлишсоиды кембро-ордовикской горноалтайской серии. Их возраст не определён, но предположительно относится к раннему палеозою [Крупчатников, 2010].

Комплекс «эдельвейс», выделенный впервые Оболенской Р.В. [Оболенская, 1983, Врублевский и др., 2012], объединяет пироксениты, габбро, сиениты и карбонатиты. Ареал распространения комплекса ограничивается южным склоном Северо-Чуйского хребта в районе водораздела рек Кускунуур, Тютө и Джело. Силикатные породы соответствуют калинатровым до калиевых щелочным и субщелочным породам основного состава. Карбонатиты являются преимущественно кальцитовыми со второстепенными флогопитом, апатитом, доломитом и пиритом [Крупчатников, 2010]. Интрузивные тела комплекса прорывают известняки и вулканиты венда и раннего кембрия и перекрываются девонскими терригенно-карбонатными и вулканогенными отложениями девонского возраста. Sm-Nd изохрона по валовым составам пород трёх интрузивных фаз указывает возраст 474 ± 37 млн лет [Врублевский и др., 2004б]; интегральный возраст полученный по флогопиту из слюдяного клинопироксенита Ar-Ar методом составляет $495 \pm 3,5$ млн лет, по плато $506 \pm 3,5$ млн лет [Врублевский и др., 2004а].

На среднепалеозойском этапе выделяется ранне-среднедевонский трахиандезит-дацит-риолитовый *аксайский* комплекс, объединяющий покровные вулканиты и комагматичные им субвулканические тела и дайки, в том числе лампрофиры,

распространённые в пределах двух крупных вулcano-плутонических структур – Калгутиской и Аксайской [Крупчатников, 2010]. Породы комплекса сильно варьируют по содержанию кремнезёма при преобладании кислых разностей. В соответствии с классификационными диаграммами $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O+Na}_2\text{O}$ и $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$ составы пород принадлежат к известково-щелочной и шошонитовой сериям [Крупчатников, 2010]. Попытки определения возраста аксайского комплекса принимались неоднократно [Амшинский, 1978, Мариич, 1975; Иванов и др., 1990, Крупчатников и др., 1993]. Но только U-Pb датирование (SHRIMP) цирконов из субвулканических риолитов и лейкогранитов показало узкий интервал значений возраста (402-406 млн лет), согласующихся с палеонтологическими и геологическими данными.

В раннем мезозое на юго-востоке Алтая наиболее масштабным комплексом щелочных базальтоидов является **чуйский** лампрофировый комплекс. Наряду с ним проявлены латитовые комплексы, имеющие базальтоидную природу – **тархатинский** монцодиорит-граносиенитовый (T_1), **айский** сиенит-граносиенит-лейкогранитовый (T_1), **теранджинский** гранит-граносиенит-монцодиоритовый комплекс (T_1) [Шокальский и др., 2000, Табакаева, 2011].

Различным аспектам геологии петрологии лампрофиров чуйского комплекса неоднократно освещались в статьях, монографиях [Оболенская, 1971, 1983; Михалева, 1989; Мельгунов, 1985] и фондовых материалах [Лашков, 1962, 1963; Гусев и др., 1991; Иванов, 1990 и др.]. Его вещественные характеристики свидетельствовали о сложной, гетерогенной природе магмы, формирующей лампрофиры, а значит, требовали дополнительных исследований. На происхождение лампрофиров ЮВ Горного Алтая существовало множество точек зрения. Так, В.Н. Троценко (1960) предполагал, что дайки слюдяных лампрофиров Северо-Чуйских Альп связаны с гранитным плутоном, ещё не вскрытым эрозией. Л.А. Михалёва в своих работах (1962, 1963, 1986) предполагала, что дайки лампрофиров и диабазов синхронны по времени образования и являются производными одной базальтоидной магмы, но проявленными в различных геотектонических обстановках - предполагалось, что

лампрофиры обогащены компонентами, свойственными гранитовым магмам. Л.А. Михалёвой дайки лампрофиров и диабазов были отнесены к лампрофир-диабазовой формации и включены в состав выделенного ею теректинского комплекса. Р.В. Оболенская [1963, 1968, Оболенская, Фирсов, 1966] на основе детальных петрологических исследований и К-Аг датирования слюдяных лампрофиров Алтая пришла к выводу о формационной самостоятельности и отнесла их к производным щелочно-базитовых расплавов. В своей монографии она указывала на особую роль сквозьмагматических или интрателлурических [по Ю.А. Кузнецов, 1964] растворов - продуктов дегазации мантии. Слюдяные лампрофиры были выделены ею в особый «чуйский комплекс щелочных базальтоидов», возраст которого считался мезозойским, более молодым, по отношению к диабазам теректинского дайкового комплекса. С.В. Мельгунов (1985), вслед за А.С. Митропольским (1979), изучив особенности распределения щелочей и радиоактивных элементов в ряду: базальтоиды нормального ряда (в том числе диабазы) – керсантиты – минетты, - полагает, что повышенные содержания тех и других не могут быть объяснены простой дифференциацией базальтоидного расплава или результатом воздействия на неё подкоровых флюидов. Из существующих на тот момент гипотез, объясняющих природу лампрофиров, наиболее удачной и С.В. Мельгунов, и А.С. Митропольский и Л.А. Михалёва считали модель, согласно которой образование пород связано с процессом трансвапоризации базитовых расплавов [Садецки-Кардош, 1972] – относительного обогащения летучими компонентами и щелочами сухой основной магмы при прохождении её через ещё не до конца расскристаллизовавшиеся гранитные очаги. Источником воды, щелочей и летучих считаются постмагматические флюиды этих очагов или их низкотемпературные расплавы, обогащённые флюидом. Подобная схема образования лампрофиров была описана Митчеллом в работе [Mitchell, 1994], где он считал лампрофиры – полигенными породами, образованными при кристаллизации разных типов базальтоидных, в том числе лампроитовых и кимберлитовых магм, обогащенных летучими компонентами. Однако эта гипоте-

за применима не для всех лампрофировых ареалов. На сегодняшний день в связи с появлением новых данных по петрологии лампрофиров, их пространственно-временных соотношений с проявлениями гранитоидного и базитового магматизма и т.д. наиболее обоснованной является гипотеза, связывающая образование щелочно-базитовых расплавов с декомпрессионным плавлением метасоматизированной мантии [Nédli, Z. et al., 2010; Cooper, 1979; J. Pla Cid et al., 2011 и др.].

Новый толчок к изучению лампрофиров ЮВ Алтая дало проведение геологической съемки м-ба 1:50000 и составление новой серии геологических карт в рамках программы ГДП – 200 [Гусев и др. 1991, Пономарев, Попова, 2009 и др.], а также проведение специализированных исследований сотрудниками научных и производственных организаций и вузов по изучению магматизма Российского и Монгольского секторов Алтая. С 1985 по 2010 гг. были получены новые данные по географии развития мезозойского щелочно-базитового магматизма региона, определены основные ареалы его проявления (Южно-Чуйский, Актуринский, Акташский, Юстыдский и ряд более мелких локальных), установлены основные возрастные рубежи формирования, получены новые данные по петрологии и геохимии пород чуйского комплекса и связи с ним различных типов оруденения.

На ранних этапах исследований этого комплекса с ним парагенетически связывали проявления Ni-Co-арсенидной и Cu-Co-W (Каракуль, Кок-Куль), Ag-Sb (Озёрное, Пограничное Асгат и др.), флюоритовой (Каячинское, Бусыгинское, Кызыл-Арт, Тархата, Кызылчин), Cu-Pb-Zn и Ag-Pb (Чаган-Бургазинское, Кызылчин, Ирбисту, Тютё, Б.Шибеты) и ртутной (Акташ, Чаган-Узун и многие другие ртутные месторождения) минерализации Горного Алтая [Оболенский, Оболенская, 1968, 1982; Оболенская, 1971, 1979, 1981; Геология и генезис..., 1973, Борисенко и др., 1988, 1992]. Как правило, доказательством существования парагенетической связи выступали совмещение времени и места проявления оруденения и чуйского комплекса. Однако на сегодняшний день сохраняется вопрос вещественного под-

тверждения связи щелочного магматизма и оруденения, которому и посвящена часть данного исследования.

Согласно Петрографическому кодексу, лампрофиры относятся к семейству пород, не имеющих плутонических аналогов. Однако в пределах чуйского комплекса и субсинхронно с дайками лампрофиров проявлен монцодиорит-граносиенитовый тархатинский комплекс. Он был выделен Кононовым (1977) наряду с такими герцинскими щелочными комплексами Горного Алтая как айский, теранджикский и шибеликский. В состав комплекса входят два массива - Жанендыгуйский и Тархатинский. Расположение массивов в пределах ареала распространения лампрофиров чуйского комплекса, а также близость вещественного и минерального состава пород даек и массива явились предпосылками для гипотезы о том, что лампрофиры являются жильной фацией тархатинского интрузива [Черноморский и др., 1965] или комагматичны ему [Лашков и др., 1962, 1963; Иванов и др., 1990]. Однако, первые датировки, сделанные К-Аг методом (215-239 млн лет для Тархатинского массива, 183 млн лет для Жанендыгуйского и 163-250 млн лет для чуйского комплекса лампрофиров), показали не синхронность тех и других образований, что подчёркивалось секущим секущим положением даек, относительно Тархатинского массива. Эти факты привели некоторых исследователей [Долгушина, Мариич, 1975] к выводу об автономности плутонического и дайкового комплексов. Это определило их раздельное положение в легенде к Алтайской серии листов [Шокальский и др., 2000]. Тем не менее, дальнейшие исследования массивов и даек (уточнение их времени становления, сравнение их вещественного состава и изотопно-геохронологических характеристик) свидетельствует о сохраняющемся интересе к этим объектам, недостаточной их изученности и открытости вопроса их генезиса. На сегодняшний день существуют ещё две конкурирующие точки зрения, о включении тархатинского комплекса в состав белокурихинского гранитоидного [Табакеева Е.М., 2011] или в состав чуйского базитового [Крупчатников В.И., 2010] комплексов.

Наши данные о возрастах проявления чуйского комплекса разрешают вопрос о положении даек чуйского комплекса относительно Тархатинского массива, а полученные нами данные о вещественном (петро-, геохимическом, минеральном и изотопном) составе пород массива и лампрофиров в совокупности с литературными данными свидетельствуют об их комагматичности.

ГЛАВА 2. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ГЕОХРОНОЛОГИЯ ДАЕК ЧУЙСКОГО КОМПЛЕКСА И ТАРХАТИНСКОГО МАССИВА

2.1. Геологическое положение исследуемых объектов.

2.1.1. Геологическая позиция комплекса в структурах региона. Ареалы развития чуйского комплекса расположены на юго-востоке Горного Алтая, протягиваясь на северо-запад Монголии, в центральной части Алтае-Монгольского террейна. Вмещающие породы представлены толщами двух структурных ярусов: венд-кембрийского и среднепалеозойского. Нижний венд-раннепалеозойский (V-Є-О) ярус сложен карбонатными (баратульская свита) породами, развитыми в основном в северной части района в пределах акташского ареала даек, вулканогенно-осадочными и флишоидными толщами. Последние, находящиеся в Южно-Чуйском и Курайском хребтах, были метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой фации. Верхний структурный ярус представлен ниже-среднедевонскими вулканогенно-осадочными и средне-верхнедевонскими углистыми терригенными отложениями, выполняющими наложенные прогибы и впадины, сформировавшиеся на герцинской активной континентальной окраине [Добрецов, Берзин и др., 1995, Буслов и др., 2003].

Район проявления комплекса сопряжён с крупными разломными зонами - Кузнецко-Курайско-Кобдинской и Чарышско-Теректинско-Толбонурской (рис.2-1) Вдоль этих структур он протягивается в юго-восточном направлении от Айгулакского хребта на севере до южной части Делюно-Юстыдского прогиба в районе оз. Толбонур. Главной особенностью структурного положения ареала Чуйского комплекса является его приуроченность к узлу сопряжения Теректинско-Толбонурской и Курайско-Кобдинской зон разломов и резкого изменения их простирания (рис. 2-1).

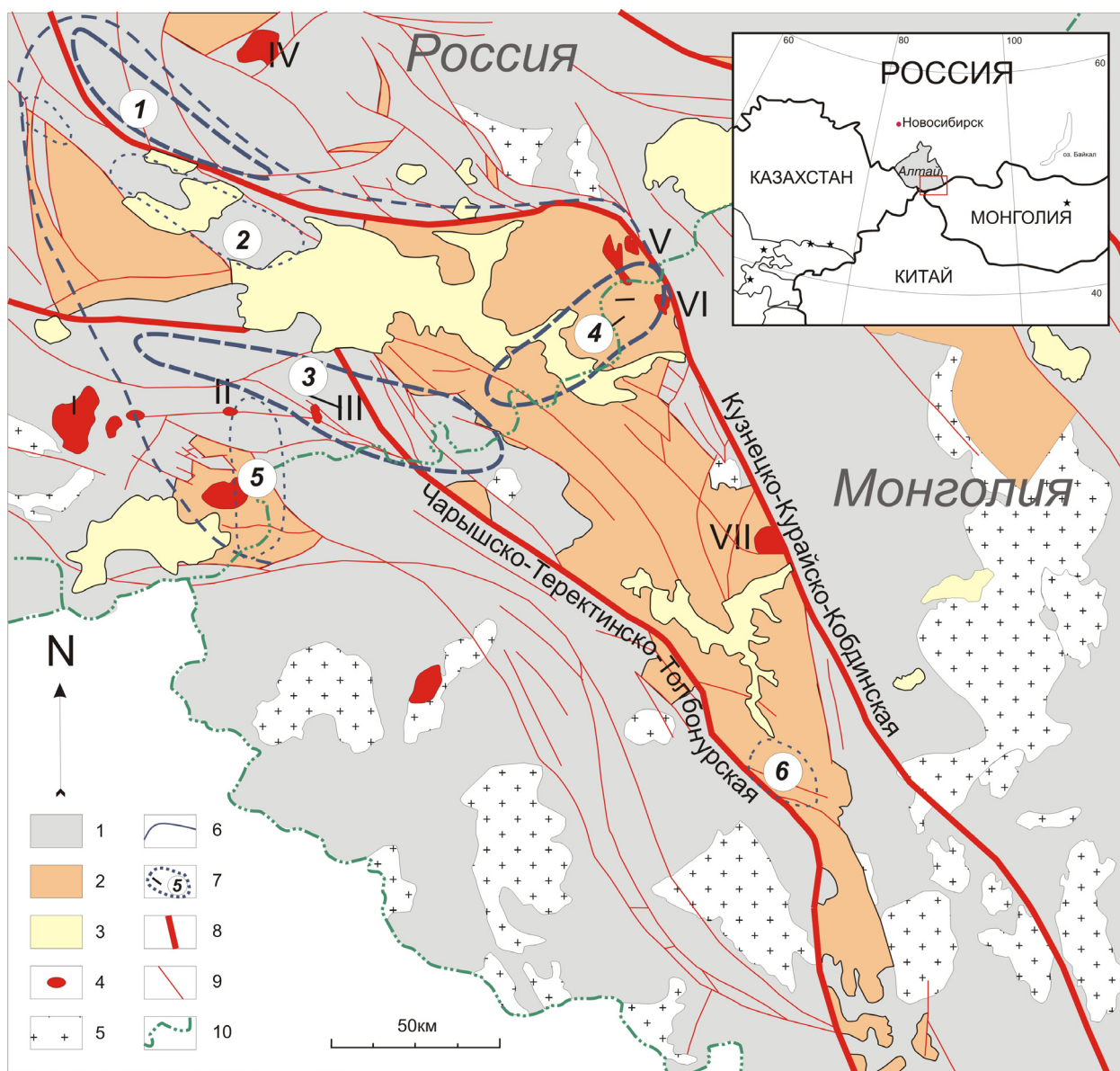


Рис. 2-1. Схема района распространения лампрофировых даек чуйского комплекса на территории Российской Федерации и Монголии (Составлена с использованием работ Добрецов и др., 1995, 2005; Борисенко, Павлова и др., 1992)

1- кембро-ордовикские метаморфические породы; 2 – средне-верхнедевонские отложения; 3 – четвертичные отложения; 4 – мезозойские гранитоиды (I-Алаха; II-Жанендыгуйский; III-Тархатинский; IV-Атуркольский; V-Ценгесайский; VI-Нарынгольский; VII-Кызыл-Тау VIII-Калгутинский); 5 – другие гранитоиды региона; 6 – область распространения лампрофировых даек Чуйского комплекса; 7 – локальные ареалы лампрофиров в пределах чуйского комплекса (1 – Акташский, 2- Северо-Чуйский, 3 – Южно-Чуйский, 4 – Юстыдский, 5 – Калгутинский, 6 - Толбонурский) - чертой показаны преобладающие направления простираения даек ареала; 8 – тектонические зоны; 9 – разломы; 10 – государственная граница.

2.1.2. Магматизм региона. В районе развития чуйского комплекса проявлен разновозрастный гранитоидный, базитовый и щелочно-базитовый магматизм, относящийся к четырём этапам: раннепалеозойскому (Є-О), среднепалеозойскому (D), пермо-триасовому (P₂-T₁) и триас-юрскому (T₃-J₁) (Кузнецов В.А. и др., 1963, Кузнецов Ю.А., 1964, Скуридин, 1963, Михалёва, 1963, 1989, Оболенская, 1971, Владимиров и др., 1997, 2001, 2005, Шокальский и др., 2000, Kruk et al., 2011, Добрецов и др., 2005, Говердовский, 2004, Врублевский и др., 2004а,б, 2005, Борисенко и др., 2004, 2006, 2010, Гусев и др., 2009 и мн. др.). С раннепалеозойским этапом связано формирование интрузий таджилинского габбро-диоритового комплекса (Є₁₋₂) в Курайском хребте, габбро-сиенитового с карбонатитами комплекса «эдельвейс» (Є₁₋₂) в Северо-Чуйском хребте, вулканогенных образований курайского андезит-базальтового комплекса (Є₁), венд-кембрийских офиолитовых комплексов и др.

Со средне-палеозойским этапом в районе проявления чуйского комплекса связано проявление гранитоидных интрузий: гранит-лейкограниты юстыдского (D₃), гранодиорит-граниты рахмановского (D₂), и габбро-диорит-граниты катандинского (D₂) комплексов, дайки и силлы риолит-долеритового состава караюкского комплекса (D₃), а также вулканические образования аксайского трахиандезит-дацит-риолитового комплекса (D₁), выполняющие прогибы и впадины (Аксайскую, Калгутинскую и др.)

С пермско-триасовым этапом в рассматриваемом районе связано формирование дайковых комплексов щелочных базитов (чуйский, T₁) и долеритов (теректинский, P₃), и мелких интрузий граносиенит-монцодиоритовых теранжинского и тархатинского комплексов (T₁), а также гранитов, относимых к атуркольскому комплексу (T₁) [Шокальский и др., 2000].

Магматизм этого этапа связывают с развитием процессов раннемезозойского рифтогенеза, тектономагматической активизации в этом регионе и проявлением

Сибирского мантийного плюма [Оболенский, 1985, Борисенко и др., 1992, 2006, Добрецов и др., 2005б, 2010, 2012, Владимиров и др., 200..].

Наиболее поздними проявлениями магматизма на юго-востоке Алтая являются интрузии редкометальных гранитов Калгутинского (T_3) и Чиндагатуйского (J_1) массивов и ультраредкометальных штоков и даек гранит-порфиров, онгонитов и эльванов восточно-калгутинского комплекса (T_3 - J_1).

2.1.3. История и причины выделения ареалов чуйского комплекса. На юго-востоке Горного Алтая – северо-западе Монголии разными исследователями закартировано более 400 даек лампрофиров. Дайки в пределах ареала распределены неравномерно, образуя вытянутые, протяжённые пояса или субизометричные скопления, ареалы. Выделение локальных ареалов развития даек лампрофиров в пределах чуйского комплекса, является, с одной стороны, достаточно условным, так как многие площади в его контуре перекрыты кайнозойскими отложениями Чуйской и Курайской впадин, склоновыми и моренными отложениями, а южная часть ареала слабо изучена на территории Монголии. С другой стороны, уже первыми исследователями и всеми последующими отмечалась неоднородность вещественного состава даек по латерали. Таким образом, выделение ареалов является не условностью, а несёт петрологическую информацию и является необходимым для полного описания чуйского комплекса даек.

Р.В. Оболенская, впервые выделившая этот комплекс [Оболенская, 1963, 1968, 1971], объединила в него три локальных дайковых пояса, сопровождающих разломные зоны: *Южно-Чуйский* вдоль Чарышско-Теректинского разлома, *Северо-Чуйский* – вдоль Актуринского и *Курайский* – вдоль одноимённого разлома (рис. 2-2а). Явное большинство пород даек являются слюдяными лампрофирами – минеттами. Однако в Курайском ареале резко преобладают керсантиты – более натровые, пироксен-слюдяные разновидности лампрофиров. Л.А. Михалёва [Михалёва, 1987] больше внимания уделила лампрофирам *Юстыдского* ареала,

находящегося к востоку от первоначальных границ комплекса (рис. 2-2б). Она показала сходство слюдяных лампрофиров с лампрофирами чуйского комплекса, тем самым расширив границы последнего. Также ею была показана автономность лампрофиров относительно других базитов региона и юга Сибири – камптонитов и спессартит-диабазов. Подробная характеристика лампрофиров Юстыдского ареала приведена также в работе В.А. Говердовского [Говердовский, Третьякова, 2010]. В.В. Врублевским и В.И. Крупчатниковым были исследованы структурно-геологические и вещественные характеристики даек в *Саржематинском* и *Жумалинском* ареалах (рис. 2-2б). В своих работах исследователи относят дайковые породы по петро- и геохимическим признакам к лампроитам, однако также присоединяют их к чуйскому комплексу.

Принцип выделения ареалов в данной работе было связано не только со скученностью даек, но и с их расположением в разделённых крупными разломами структурных блоках, сложенных различными по составу и времени формирования отложениями. В рамках данного исследования было изучены дайки из трёх ареалов – *Южно-Чуйский* (наиболее крупный, З-СЗ простирания, тяготеющий с системе Теректинско–Толбонурского разлома), *Юстыдский* (СВ простирания, ориентированный ортогонально к другим ареалам) и *Акташский* (З-СЗ простирания, связанный с Курайско-Кобдинским разломом) (рис.2-2в). В этих ареалах дайки проявляются практически одновременно, имеют схожий минеральный состав, и характеризуются общностью геологической позиции - приурочены к долгоживущим крупным разломным зонам, а также имеют пространственно-временную совмещённость с разными типами оруденения. С другой стороны, имеются и существенные различия. Во-первых, это расположение ареалов в разных тектонических блоках, рознящихся как по возрасту, так и по составу (венд-кембрийские известняки, слабометаморфизованные терригенные и флишоидные толщи или девонские углистые сланцы). Во-вторых, ареалы

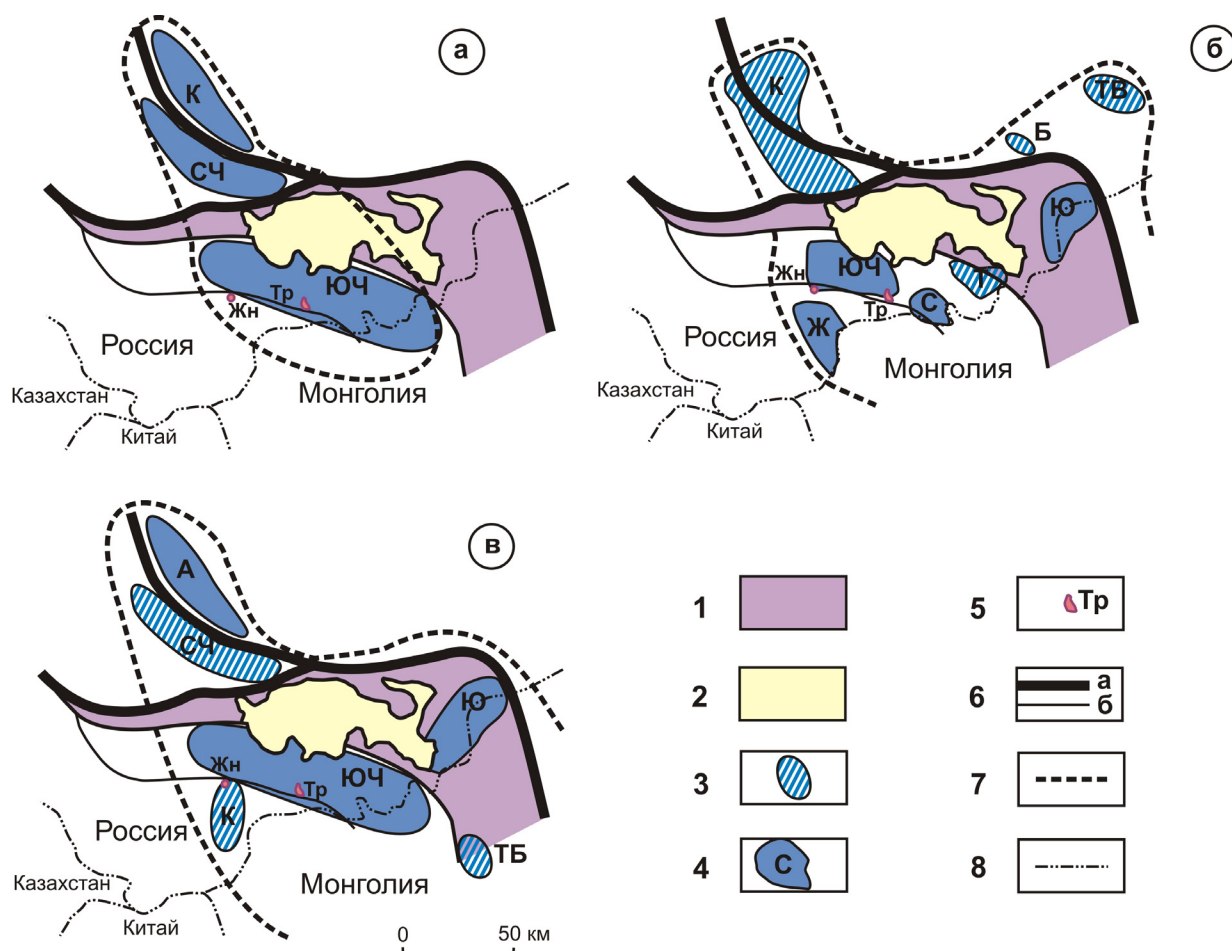


Рис.2-2. Схемы разделения чуйского комплекса на ареалы по данным разных авторов (составлены на основе схемы Крупчатникова [2010]).

а - Оболенская, 1971; б - Крупчатников, 2010; в – данные автора.

1 – Делуно-Юстыдский прогиб; 2 – Чуйская межгорная впадина; 3-4 – дайковые ареалы чуйского комплекса (3 – выделенные, 4 - изученные): А - Акташский, Б – Бугунзунский, Ж – Жумалинский, К – Курайский, С – Саржематинский, СЧ – Северо-Чуйский, Т – Ташантинский, ТВ – Тувинский, Ю – Юстыдский, ЮЧ – Южно-Чуйский, ТБ – Толбонурский, К - Калгутинский; 4 – интрузивные массивы тархатинского комплекса: Тр – Тархатинский, Жн – Жанендыгуйский; 5 - разломные зоны: а – главные (границы террейнов), б – второстепенные (внутриблоковые); 7 - область развития пород чуйского комплекса, 8 – государственная граница.

существенно отличаются по проявленной металлогении и масштабам развития разных типов оруденения в мезозойское время. В Акташском ареале развита преимущественно ртутная минерализация (чубеккольский ртутный участок, Курайское ртутное месторождение [Оболенская, 1971]. В Южно-Чуйском известны лишь небольшие рудопроявления Ag-Hg-Sb, Cu-U-Au, Ni-Co и Ag-Pb-Zn типа [Борисенко и др., 1992, 2011. К оруденению мезозойского этапа в Юстыдском ареале относятся Ni-Co-арсенидное (Асхатиин-гол), Cu-Co-сульфосольно-арсенидное (Моген-Бурень), Ag-Sb (месторождения Асгат, Озёрное) Ag-Hg-Sb (Джыкыдал, Отсалар). Все перечисленные месторождения принадлежат к единому

генетическому ряду рудных формаций [Оболенский и др., 1986] и сопровождаются близкими по времени становления лампрофировыми дайками. Вопрос генетической связи лампрофиров и оруденения активно обсуждается в современной научной литературе [Павлова, 2010, Гусев, 2000, Seifert, 1997, Stempok 2014 etc.].

В отношении чуйского комплекса парагенетическая связь с флюоритовой и ртутной минерализацией была доказана на основании пространственно-временной близости, приуроченности к одним геологическим структурам ещё в самых первых работах [Оболенская, 1971]. В последние годы было освещено соотношение Ag-Sn оруденения (Юстыдский ареал) и лампрофиров [Павлова, 2010]. Помимо данных о единстве времени и месте проявления магматических и рудных тел, были привлечены и изотопно-геохимические данные. Изотопный состав Pb и Sr показал полигенность рудного вещества для этих месторождений и явный привнос мантийного вещества, тогда как единственным свидетельством мантийной деятельности на то время являются лампрофиры.

2.1.4. Краткая геологическая характеристика изученных ареалов.

Акташский ареал. Структурно-геологические особенности. Ареал приурочен к Курай-Кобдинскому разлому и протягивается вдоль него по сопряжению разновозрастных Ануйско-Чуйской, Бийско-Катунской и Телецкой структурно-формационных зон в виде прерывистой полосы даек слюдяных лампрофиров с северо-запада на юго-восток. На крайнем северо-западе пояса в верховьях рек Бельгебаш и Чулекташ среди эффузивно-осадочных толщ среднего и верхнего девона и в юго-восточном замыкании структуры Уйменско-Лебедского прогиба обнаружены сближенные серии даек слюдяных лампрофиров [Оболенская, 1971]. Несколько даек минетт было обнаружено в районе Акташского рудного узла в среднем течении р. Чибитки и к северу от пос. Акташ (р. Корумду) вдоль Корумдинского разлома и на участке Кысхыштубек. К юго-востоку, в пределах Курайского ртутного месторождения также известно несколько даек минетт,

локализованных в тех же системах трещин, что и рудные тела этого участка [Скуридин, 1964].

Вмещающие породы. Вмещающие лампрофиры в пределах Телецкой структурно-формационной зоны отложения кембро-ордовика относятся к башкаусской серии, которая расчленяется на три свиты (снизу вверх): горноалтайскую, кумурлинскую и артлашскую.

По составу свиты, вмещающие лампрофировые дайки Акташского ареала представлены ритмично переслаивающимися алевро-песчано-сланцевыми толщами, достигающими мощности от 8000 до 10000 м. Местами толща метаморфизована в условиях зелено-сланцевой фации. В целом для толщи характерно отсутствие первичного карбонатного материала (Оболенская, 1971). Однако нижняя часть разреза сложена перекисталлизованными известняками с прослоями и линзами силицитов, основными эффузивами и их туфами, реже сланцами. Мощность этих отложений составляет более 6000 м (Оболенская, 1971).

Южно-Чуйский ареал. Структурно-геологические особенности. Южно-Чуйский ареал даек является наиболее крупным в чуйском комплексе. Он протягивается почти на 200 км без перерыва от верховьев р. Джасатер и низовьев р. Чаган-Узун на северо-западе до верховьев р. Уланрык на юго-востоке при ширине 10-40 км [Оболенская, 1971]. Структурная позиция подчеркивается их расположением вдоль южного горного обрамления Чуйской впадины. Форма проявления, как правило, дайковая, хотя другие исследователи отмечали мелкие штокообразные тела и трубки взрыва размером до 1-2 м в диаметре [Оболенская, 1971]. Внутри ареала распределение даек неравномерное – частота встречаемости даек в центральной части много выше, чем в краевой. Как правило, дайки обнаруживаются в верховьях рек и тяготеют к водоразделам. Дайки Южно-Чуйского ареала приурочены к Теректинско-Толбонурской разломной зоне северо-западного простирания, повторяя ее направленность (простирание даек ~320-350°). Углы падения крутые, 70-80°, направление северо-восточное или юго-

западное, реже отмечается вертикальное падение. Мощность даек варьирует от 0,5 до 3 м. Мощность выдерживается по простирацию и падению подчас на расстояние до 300 м и более.

Вмещающие породы. Наиболее распространёнными вмещающими породами в пределах Южно-Чуйского ареала являются отложения кембро-ордовика. Большинство исследователей отмечается тонкое переслаивание песчаников, алевролитов и сланцев. Редко встречаются прослои конгломератов. Дайки Южно-Чуйского ареала прорывают отложения верхнего девона по р. Кызкыно́р, располагаясь дискордантно по отношению к вмещающим их структурам. В пади Делика они прорывают эффузивно-осадочную толщу, принадлежащую согласно найденным палеонтологическим маркерам, верхнему девону (Родыгин, 1959; Белостоцкий, 1960). Они секут кембро-ордовикские толщи кварц-полевошпатовых песчаников, алевролитов с линзами известняков катунской свиты ($\text{Є}_{2-3\text{kt}}$).

В Южно-Чуйском ареале синхронно с дайками проявлены монцодиорит-граносиенитовые интрузивы, выделяемые на современных картах в *Тархатинский комплекс*. В состав комплекса входят два интрузива, Тархатинский и Жаньёденгуйский, которые приурочены к Жасатерскому разлому. Более крупный из них (размеры выхода составляют $\sim 3 \times 1$ км) Тархатинский массив несколько вытянут в северо-западном направлении, прорывает песчано-сланцевые отложения катунской свиты с образованием биотит-кордиеритовых роговиков. Северо-восточная граница массива тектоническая. Ширина контактового ореола варьирует в пределах 400 м. Несмотря на слабую обнаженность массива, уверенно фиксируется его асимметрично-зональное строение: краевые части, за исключением юго-западного фрагмента, сложены мелкозернистыми порфировидными биотитовыми ($\pm$ амфибол, $\pm$ пироксен) монцодиоритами и сиенитами, центральные - от мелко- до среднезернистыми слабопорфировидными биотитовыми граносиенитами и монцогранитами. Переходы между разновидностями постепенные, что указывает на однофазное строение интрузива,

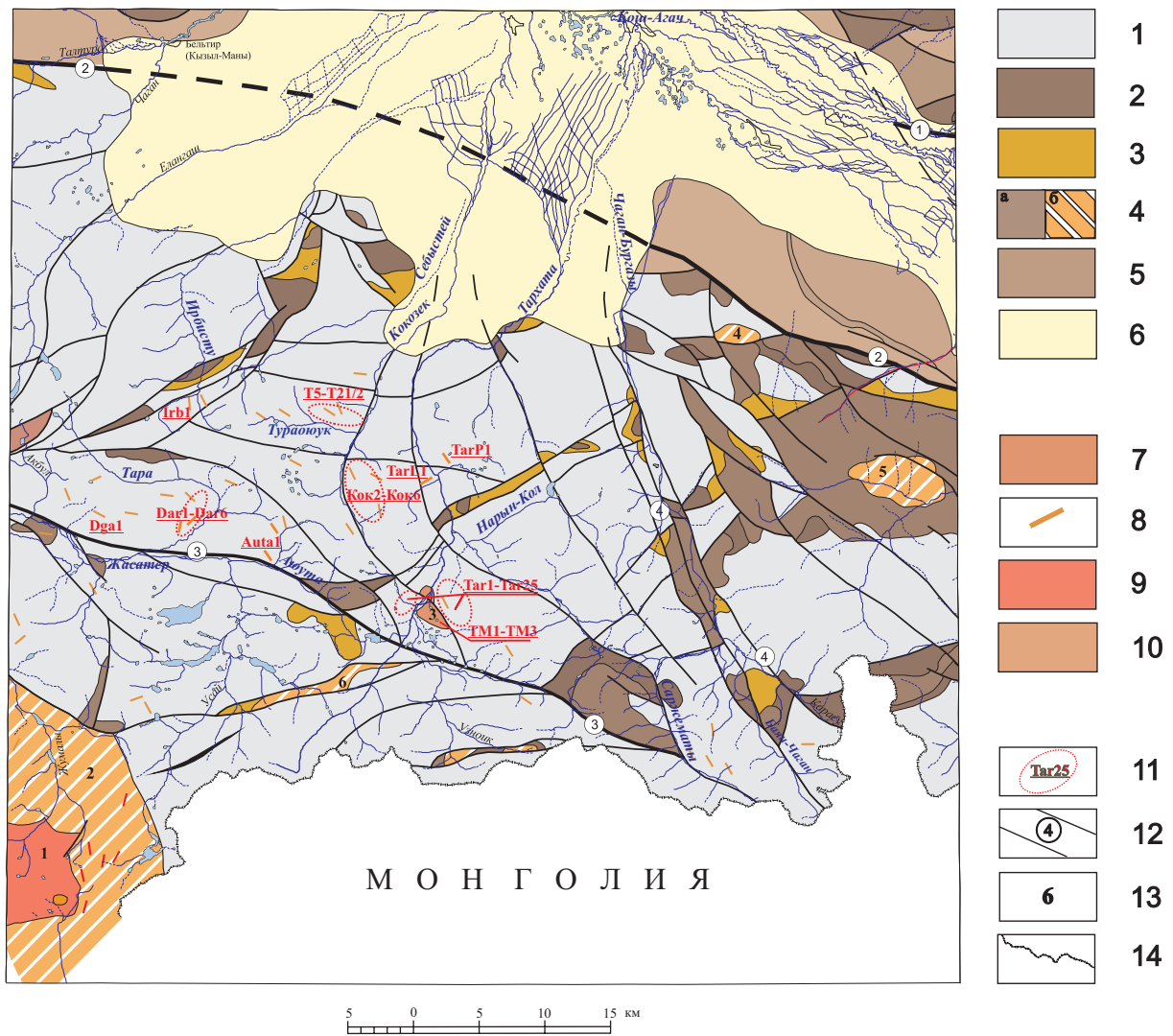


Рис. 2-3. Схема расположения даек Южно-Чуйского ареала чуйского комплекса с указанием мест отбора образцов. Составлена на основе данных [Иванов и др., 1990].

Стратифицированные отложения палеозойского возраста: 1 – кучерлинская базальтовая, катунская и сайлюгемская терригенно-осадочная свиты (Є-O1); 2 - тархатинская свита песчано-алевро-сланцевого состава с известковистыми разностями (S1); 3 – уладрыкская терригенная свита (D1); 4 – аксайская трахиандезит-дацит-трахириолитовая свита: а) лавы, туфы; б) субвулканические тела (D1); 5 - кызылшинская, ташантинская, богутинская и барбургазинская свиты, даянская карбонатно-терригенные свиты (D2-3). Четвертичные отложения: 6 - континентальная молассовая (N-Q). Магматические образования мезозойского возраста: 7 - Тархатинский массив - монцогаббро-граносиенитовый (T1-J1); 8 - чуйский комплекс лампрофиров (P2-J1); 9 - чиндагатульский комплекс - гранит-лейкограниты (T1-J1); 10 - восточно-калгутинский комплекс литий-фтористых гранитов (T1-J1). Прочие обозначения: 11 - места отбора образцов пород даек чуйского комплекса и интрузивных пород Тархатинского массива; 12 - разломы и разломные зоны (1 - Кызылшинский; 2 - Ташантинский; 3 - Жасатерский; 4 - Чаган-Бурганзинская зона разломов; 13 - интрузивные массивы: 1 - Калгутинский, 2 - Жумалинский, 3 - Тархатинский, 4 - Оюмский, 5 - Аксайский, 6 - Тунгурюкский); 14 - государственная граница.

при этом характер зональности отражает кристаллизационную дифференциацию.

Нами не было зафиксировано контакта между породами Тархатинского массива и

лампрофитами Южно-Чуйского ареала. Однако Митропольский [Митропольский, 1979] описывает рвущее положение лампрофитовых даек по отношению к породам массива, что, позволяет относить такие дайки к постинтрузивным образованиям.

Юстыдский ареал. Структурно-геологические особенности. Структурно-геологической особенностью данного ареала является то, что он расположен в тектонически ослабленной, долгоживущей разломной Курайско-Кобдинской зоне, меняющего в этом месте своё простирание с субширотного на субмеридианальное. Очевидно, что дайки, являясь результатом заполнения трещин, структурно и генетически связаны с разломами. Лампрофитовые дайки Юстыдского прогиба имеют преимущественно субширотное до северо-западного простирания, повторяя направление главных разломов и/или оперяющих их трещин и разрывов (рис. 2-4).

Дайки Юстыдского ареала находятся в северной части Делюно-Юстыдского прогиба, большая часть которого находится на территории Западной Монголии. К югу от этого ареала отмечаются единичные дайки в верховьях р. Богуты, к ЮЗ от Юстыдского гранитного массива, в верховьях р. Турген-гол в северном экзоконтакте этого же массива, а также в верховьях р. Талин-гол и р. Шара-гоби и др. Все эти дайки мы относим к Юстыдскому ареалу.

Вмещающие породы. В современном коллаже тектонических структур АССО Делюно-Юстыдский прогиб находится в зоне сочленения террейнов Горного Алтая, Западного Саяна и Монгольского Алтая. В составе окружающих Делюно-Юстыдский прогиб террейнов принимают участие преимущественно в меньшей степени позднерифейско-раннекембрийские осадочно-вулканогенные образования, ордовикско-силурийские карбонатно-терригенные флишеидные отложения и перекрывающий ранне-среднедевонский вулканогено-осадочный комплекс.

Вмещающие породы. Значительная часть прогиба выполнена сероцветно-черносланцевым терригенным комплексом юстыдской серии среднего-верхнего

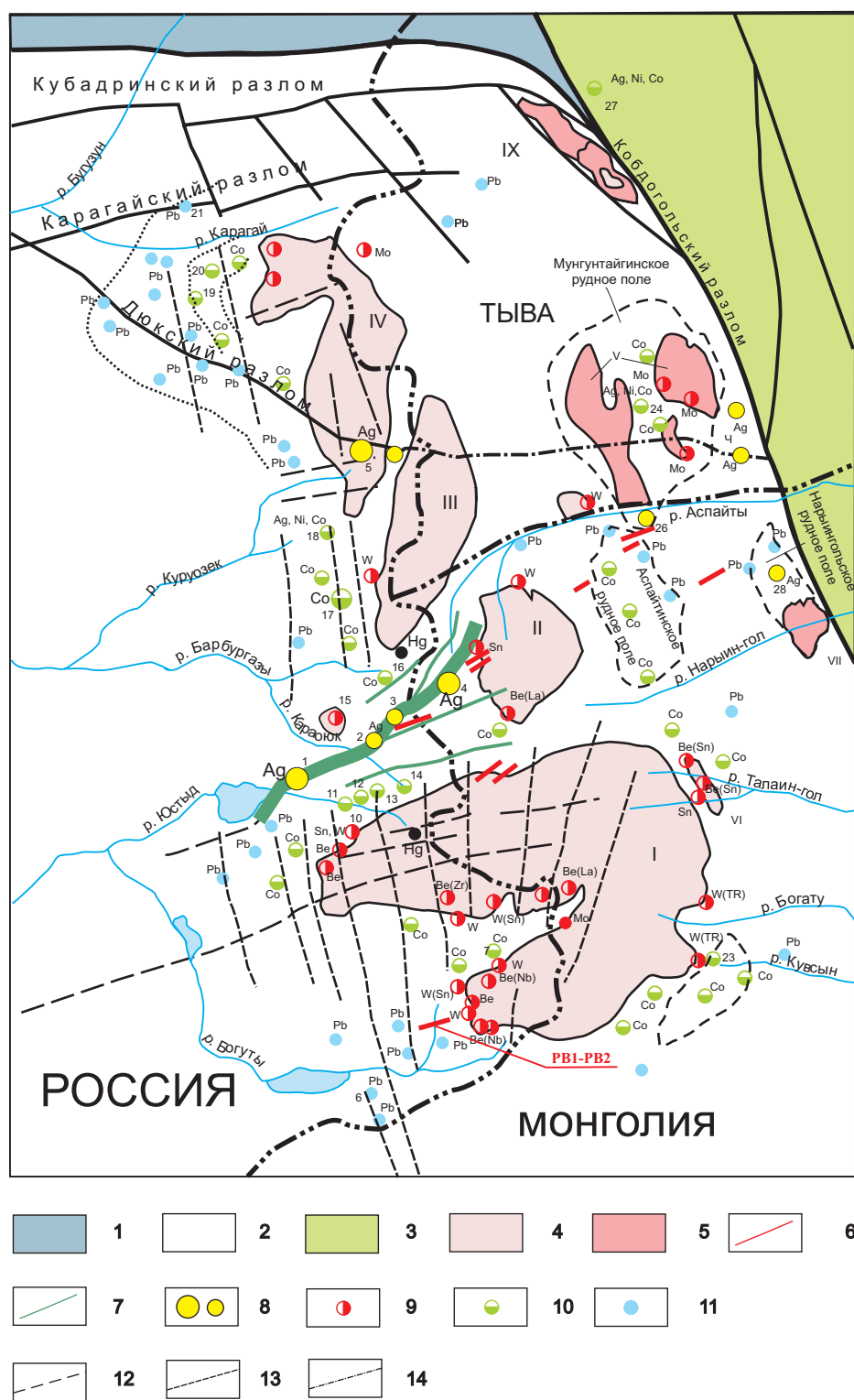


Рис. 2-4. Схема размещения полезных ископаемых Юстыдского рудного узла и их соотношение с разломными зонами и магматическими образованиями (Говердовский, Третьякова, 2011).

1-3 – разломные зоны (1 – Моген-Буренская зона; 2 – Курайская межблоковая зона; 3 – Северо-Хархиринская зона); 4, 5 – гранитные массивы (I-Юстыдский, II – Тургенигольский, III – Барбургазинский, IV – Тоштоузекский, V – Ценгесайский, VI – Талаингольский, VII – Шарагобский, IX – Усть-Гиматейский); 6 – отдельные дайки лампрофиров Юстыдского ареала чуйского комплекса; 7 – Озёрно-Асхатинская сереброрудная зона; 8-11 – минерализация (8-Au, 9-W, 10-Co, 11-Pb); 12-14 – тектонические нарушения (12 – палеозойские, 13 – мезозойские, 14 – дешифрируемые). Месторождения и рудопроявления: 1 – Озёрное (Ag), 2 – Караюк II (Ag), 3 – Пограничное (Ag), 4 – Асхатин (Асгат) (Ag), 5 – Янтау (Ag), 6 – Богутинское (Pb), 7 – Верхне-Богутинское (Co), 8 – Светлое (Co), 9 – Чаган-Гол (Pb), 10 – Юстыдское (Sn, W), 11 – Коккуль (Co), 12 – Коккуль I (Co), 13 – Коккуль II (Co), 14 – Караюк (Co), 15 – Шеелитовое (W), 16 – Барбургазинское (Co), 17 – Каракульское (Cu, Bi, Co), 18 – Коруюзекское (Ni, Co, Ag), 19 – Тоштоузек (Co), 20 – Оленджулар (Co), 21 – Караак (Pb), 22 – Карагайское (Mo, Be), 23 – Кувсын (Co), 24 – Асхатиингольское (Ag, Ni, Co), 25 – Мунгунтайгинское (Mo), 26 – Правобережное (Ag), 27 – Могенбуренское (Ag, Ni, Co), 28 – Среднеурингольское (Ag).

девона. В составе осадочного комплекса выделяются три свиты: ташантинская (D_2th), барбургазинская (D_2bb) верхнеживетского подъяруса и богутинская (D_3bg) нижнефранского подъяруса. [Общая мощность терригенного комплекса оценивается в 4-6 км Гутак, Говердовский, 1987]. Для всего разреза характерно монотонное переслаивание известково-глинистых алевролитов и песчаников с подчинёнными линзовидными прослоями тонкозернистых известняков, мергелей и редкими горизонтами конседиментационных брекчий. Характерной особенностью ташантинской свиты, слагающей до половины разреза, является её черносланцевый облик, вызванный обилием углистого вещества, по некоторым оценкам составляющего до 5,5% [Borisenko, Pavlova et al., 1999]. Для пород этой свиты характерно присутствие сульфидов в виде редкой вкрапленности пирита либо послойных и реже секущих зон обильной пирит-пирротиновой минерализации. Кроме того, в составе этой толщи отмечаются пласты медистых песчаников, мощность которых и содержание меди достигает промышленных масштабов (Борисенко, и др., 1987).

В центральной части отложения прогиба прорваны цепочкой гранитных массивов юстыдского комплекса, выходящих на поверхность или не вскрытых эрозией [Говердовский, Третьякова, 2011]. Некоторые исследователи считают, что внедрение гранитных интрузивов спровоцировало перекристаллизацию девонских осадков и перераспределение вещества с образованием пачек графитизированных и сульфидизированных пород. Они отличаются повышенными содержаниями As, Sb, Cu, Pb, Ag и других металлов и могут быть источником этих металлов в рудах [Скуридин и др., 1986].

Здесь установлено более 20 даек лампрофиров [Михалёва, 1989, Говердовский, Третьякова, 2011]. Они образуют линейно-вытянутый ареал восточно-северо-восточного простирания, протяженностью около 30 км от месторождения Озерное на территории России до месторождения Асгат в Монголии и далее в междуречье р. Аспайты и Нарын-гол до Курайско-

Кобдинского разлома (рис. 2-4). Дайки представлены в основном единичными телами и реже группами тел преимущественно субширотной и северо-восточной ориентировки (70-90°). Наибольшее их количество в долинах правых притоков р. Асхатиин-гол.

2.2. Объект исследования

В пределах **Акташского** ареала, в среднем течение р. Чибитка, в борту реки была детально изучена дайка чёрных мелкозернистых лампрофиров с крупными вкрапленниками флогопита, местами весьма карбонатизированная (обр. Chib1). Кроме того, были изучены пробы из других даек этого ареала собранные сотрудниками лаборатории №214 в предыдущие годы.

Основные исследования автора работы были сконцентрированы в **Южно-Чуйском** ареале. В пределах этого пояса были опробованы дайки, в верховьях рек Ирбисту, Джасатер, Ауюта, Тара, Саржематы, Тархата, Кок Узек, Тара Оюк. Места опробования даек обозначены на схеме (рис. 2-3).

Породы даек Южно-Чуйского ареала согласно международной классификации лампрофиров относятся к минеттам или лейкократовым минеттам. Все дайки имеют зону закалки. Чаще всего дайки имеют простое, однофазное строение. Вместе с тем в этом ареале отмечаются и сложные дайки типа «дайка-в-дайке». Породы в таких дайках отличаются по текстурным особенностям и/или составу. В них краевые части даек сложены более меланократовым материалом, чем центральные лейкократовые. В лейкократовой части наблюдаются ксенолиты меланократового лампрофира, что позволяет обосновать более позднее время их формирования. В других дайках, обнаруженных в бортах р. Тара Оюк, Кок Узек, Тархата, Саржематы и др. устанавливается многоактность их формирования, каждый новый импульс внедрения расплава хорошо выделяется по текстурно-структурным особенностям пород (рис.3-1б). От эндоконтакта по направлению к центру размер и количество глобулей возрастает, переходя в центральной части в

равномернозернистую породу (рис.3-1а). Присутствие таких даек свидетельствует о многократном внедрении расплава в одну трещину и неоднократности проявления тектонических событий.

Многочисленные дайки были обнаружены в месте впадения р. Тара Оюк в р. Кок Узек. В правом борту ручья, практически в устье были обнаружены коренные выходы розовых мелко-среднезернистых слюдяных лампрофиров, тесно ассоциирующих с сидеритовыми жилами. Чуть выше по течению в склоновой осыпи были найдены обломки лейкократового лампрофира с ксенолитами более меланократовой разности. В русле р. Тара Оюк и р. Кок Узек были найдены многочисленные обломки лампрофиров с глобулярной структурой. На макроуровне светлые лейкократовые глобулы хорошо выделяются по цвету (на фоне тёмного интерстициального материала на выветрелой поверхности) и по рельефу на свежих сколах (глобулы, по-видимому, являются более плотными, чем интерстициальный материал). По разрезу вкрест простираня дайки глобулы распределены неравномерно. Меняется их размер и количество. В краевой части дайка имеет равномернозернистую структуру. На некотором удалении от контакта структура становится глобулярной. Насыщенность глобулами в пределах дайки меняется, формируя своеобразные полосы, параллельные контакту. В некоторых полосах количество глобул становится таким, что структура обретает вид равномернозернистой. Переходы между полосами довольно резкие и меньше, чем ширина самих полос.

В левом борту р. Кок Узек были обнаружены обломки и коренные выходы чёрных, мелкозернистых слюдяных лампрофиров (обр. Kok2, Kok6). Породы весьма сильно карбонатизированы.

Следующий участок находится вблизи Тархатинской интрузии в среднем течении р. Тархата (обр. Tar*). Секущих отношений между дайками лампрофиров и интрузивом зафиксировано не было. Однако в дайках встречаются ксенолиты

роговиков, аналогичные роговикам вокруг Тархатинского массива, что свидетельствует об их более позднем времени внедрения.

Коренные выходы даек лампрофиров были обнаружены в метаморфических породах, расположенные вблизи и параллельно тектоническому контакту Тархатинского массива в правом борту реки. Дайки выполнены преимущественно тёмным, местами красноватым мелкозернистым слюдяным лампрофиром. Вытянутые кристаллы слюды маркируют контакт, располагаясь удлинением вдоль него. Внутри дайки находятся шлиры неправильной формы с отчётливо глобулярной структурой (рис. 3-1в). Неровный, фестончатый край внутреннего контакта, изогнутая форма самого шлира свидетельствует о его образовании на последних стадиях кристаллизации расплава в дайке (обр. Tar16).

В противоположном борту в канавах обнаружено множество разновидностей лампрофиров. Все они по минеральному составу относятся к минеттам и различаются зернистостью, соотношением породообразующих минералов, степенью и характером изменённости. Дайки довольно насыщены ксенолитами слюдитов, роговиков Тархатинского массива.

В правом борту р. Дара были найдены многочисленные обломки даек лампрофиров. По структуре здесь встречены как глобулярные, лейкократовые, так и равномернозернистые, темноцветные слюдистые лампрофиры. Был найден образец глобулярного лампрофира с сохранившейся плоскостью контакта, маркированной ксенолитами вмещающих пород. В направлении, перпендикулярном контакту, по мере удаления от него количество и размер глобул увеличивается, постепенно переходя в равномернозернистую породу (рис.3-1б, обр. Dar2). Здесь же, в свалах были обнаружены обломки серого, мелкозернистого лампрофира с гигантскими вкрапленниками слюды, достигающими по размеру 5 см (обр. Dar6).

Обломки глобулярных лампрофиров были также отобраны из временных русел, впадающих в р. Джазатор (Dga1, Dga2) в её среднем течении. По правому

борту р. Аюута были отобраны образцы красноватого мелко- до скрытозернистого слюдяного лампрофира и лейкократовые лампрофиры с гломероскоплениями темноцветов (обр. Auta1).

В Южно-Чуйском ареале синхронно с дайками проявлены монцодиорит-граносиенит-монцогранитные интрузивы, выделяемые на современных картах в Тархатинский комплекс. В состав комплекса входят два интрузива: Тархатинский и Жаньёденгуйский, которые приурочены к Жасатерскому разлому. Более крупный из них (размеры выхода составляют $\sim 3 \times 1$ км) Тархатинский массив несколько вытянут в северо-западном направлении, прорывает песчано-сланцевые отложения катунской свиты с образованием биотит-кордиеритовых роговиков. Северо-восточная граница массива тектоническая. Ширина контактового ореола варьирует в пределах 400 м. Несмотря на слабую обнаженность массива, уверенно фиксируется его асимметрично-зональное строение: краевые части, за исключением юго-западного фрагмента, сложены мелкозернистыми порфировидными биотитовыми ($\pm$ амфибол, $\pm$ пироксен) монцодиоритами и сиенитами, центральные - от мелко- до среднезернистыми слабопорфировидными биотитовыми граносиенитами и монцогранитами. Переходы между разновидностями постепенные, что указывает на однофазное строение интрузива, при этом характер зональности отражает кристаллизационную дифференциацию. Нами не было зафиксировано контакта между породами Тархатинского массива и лампрофирами Южно-Чуйского ареала. Однако Митропольский [Митропольский, 1979] описывает рвущее положение лампрофировых даек по отношению к породам массива, что, позволяет относить такие дайки к постинтрузивным образованиям.

Тархатинский массив в пределах данного исследования был охарактеризован на примере трёх образцов граносиенитов, отличающихся друг от друга по степени меланократовости (ТМ1, ТМ2, ТМ3). Таким образом, нами была опробована юго-восточная, кислая, наилучшим образом экспонированная часть массива. В то же самое время в одной из ранних работ, касающихся этого массива [Изох и др., 1987],

приведены данные составов монцогаббро, слагающей нижние горизонты интрузии, слабо вскрытые эрозией. Таким образом, изученные сиениты являются продуктами дифференциации в камере, тогда как породообразующий расплав был более примитивным.

По принятой классификации лампрофиров, в соответствии с их минеральным составом дайки **Юстыдского** ареала представлены преимущественно средне-крупнозернистыми минеттами. Дайки имеют как правило простое строение. На контакте наблюдаются зоны закалки, которые маркируются плотной каймой из лейст флогопита, ориентированных удлинением вдоль контакта. По направлению к осевой части степень раскristаллизации увеличивается.

Из **Юстыдского** ареала была опробована крупная дайка, протяжённостью более 1 км при мощности 3-4 м (простираение 95°), находящейся в междуречьелевой и Правой Богуты (обр. PB1, PB2). Здесь она прорывает толщу девонских метаморфических пород, а также гранитоидный массив. Краевая часть дайки сложена темноцветным слюдяным лампрофиром. Вдоль контакта находятся обломки вмещающих пород – песчаников и гранитов. Центральная часть сложена светлым розовым слюдяным лампрофиром, в которой находятся ксенолиты меланократовой части. Такие морфологические особенности свидетельствуют о двухфазном внедрении и позволяют отнести дайку к типу «дайка-в-даике». Кроме того, исследованы образцы лампрофиров, отобранных на участках Турген (обр. Tur*), Пограничный (обр. Pog*), Озёрное (обр. Oz1, Oz2) месторождения Асгат.

2.3 Геохронология даек чуйского комплекса и пород Тархатинского массива.

На заре исследований чуйского комплекса возраст лампрофировых даек определялся геологическими методами - по прорыванию ими осадочных отложений с фауной верхнего девона и позднепермских гранитов Тархатинского массива и Жанъедынгуйского штока в Южно-Чуйском хребте, а также связанного с

ними жильного редкометального оруденения [Оболенская, Фирсов, 1966; Оболенская, 1971]. Верхняя граница проводилась по возрасту ртутно-свинцовой минерализации, наложенной на дайки лампрофиров (верховья р. Ирбисту, Южно-Чуйский хр.), где соотношения изотопов свинца отвечают возрастному диапазону в 160-250 млн. лет [Оболенская, 1971].

Для лампрофиров Чуйского и пород Тархатинского комплексов к настоящему времени накоплен большой объем изотопно-геохронологических данных (табл.2-1, прил.1). Мезозойский возраст лампрофиров Чуйского комплекса впервые установлен Р.В. Оболенской [Оболенская, Фирсов, 1966, Оболенская, 1971, 1983] по данным К-Аг метода – 260-163 млн лет, средний – 210 млн лет. Существенный разброс датировок, значительно превышающий максимальные лабораторные погрешности авторами трактовались как результат полихронного становления комплекса. Позже, в связи с выявлением поднемезозойского (J_3-K_1) Cu-Co-As, Ni-Co-As и Fe-F-REE-карбонатитового в Центральной и ЮВ Туве, а также Hg и U оруденения в Горной Шории, лампрофиры чуйского комплекса стали относить к поднемезозойским образованиям Л.А. Михалева (1989), изучая лампрофировые дайки, рвущие граниты Юстыдского массива, подтвердила мезозойский возраст чуйского комплекса. Такой возраст пород комплекса был введён в легенды геологических карт и приводился в публикациях вплоть до начала 2000 гг.

Время формирования Тархатинского и Жаньёдынгуйского массивов был определён К-Аг методом [Оболенская, 1971] и составлял 255-276 млн лет.

Внедрение в практику геохронологических исследований новых методов (U-Pb и Ar-Ar) позволило уточнить возраст щелочных пород ЮВ Алтая и ассоциирующего с ним Ni-Co-As, Ag-Sb и Sb-Hg оруденения. На основе Ar-Ar (по флогопиту) и U-Pb (SHRIMP-II по циркону) исследований были получены данные [Борисенко и др., 2003, 2006, 2010, 2011, Врублевский и др.,

Таблица 2-1. Хронология процессов магматизма в ареале чуйского комплекса (ЮВ Алтай- СЗ Монголия).

Порода/оруденение	Минерал	Возраст (млн. лет)		Метод
		плато	изохрона	
Позднеперский магматизм и оруденение				
Минетта, Южно-Чуйский ареал	Мегакрист флогопита	276.8±3 258.2±2,7	254.5±2,7	Ar-Ar
Ni-Co оруденение, Южно-Чуйский ареал [1]	Настуран		258-250	U-Pb
Ni-Co оруденение, Юстыдский ареал	Серицит	251.8±2,4		Ar-Ar
Лампрофиры чуйского комплекса, первый этап				
Минетта, Ag мест. Асгат (СЗ Монголия), Юстыдский ареал	Циркон		250.8±4.5	U-Pb
Минетта, Южно-Чуйский ареал	Флогопит	249,2±2,5		Ar-Ar
Минетта, Южно-Чуйский ареал	Флогопит	246,8±2,6		Ar-Ar
Минетта, Южно-Чуйский ареал [2]	Флогопит	245.7±0.7		Ar-Ar
Минетта, Южно-Чуйский ареал [2]	Флогопит	244±0.8		Ar-Ar
Минетта, Юстыдский ареал	Флогопит	243,8±2.5		Ar-Ar
Минетта, Ag-Sb м-ние Асгат (СЗ Монголия), Юстыдский ареал	Флогопит	243±3.7		Ar-Ar
Минетта, Акташский ареал	Флогопит	242.6±2.8		Ar-Ar
Тархатинский монцодиорит-граносиенитовый массив				
Граносиенит, Южно-Чуйский ареал [3]	Циркон		247.0±5.2	U-Pb
Сиенит, Южно-Чуйский ареал [3]	Циркон		243±3	U-Pb
Гранитоидные интрузии				
Гранит, Атуркольский массив [3]	Циркон		242.7±2.4	U-Pb
Лейкогранит, СЗ Монголия	Мусковит	242.3±2.7		Ar-Ar
Граносиенит, Цузутусайский массив, Юстыдский ареал	Циркон		239.6±2.5	U-Pb
Оруденение				
Ag-Sb м-ние Асгат, Юстыдский ареал [4]	Серицит	240±3.5		Ar-Ar
Лампрофиры чуйского комплекса и оруденение, второй этап				
Минетта, Южно-Чуйский ареал [2]	Флогопит	236.5±3.8		Ar-Ar
Минетта, Южно-Чуйский ареал	Флогопит	236.8±0.6	236.2±1	Ar-Ar
Минетта, Юстыдский ареал	Флогопит	236.9±2.8		Ar-Ar
Минетта, мест. Асгат, Юстыдский ареал	Флогопит	234.6±3.1		Ar-Ar
Ag-Hg м-е Кок-Узек, Южно-Чуйский ареал [3]	Серицит	234.4±1.3		Ar-Ar
Hg м-е Тютте, Северо-Чуйский хребет [3]	Серицит	231.5±1		Ar-Ar
Примечание: Жирным шрифтом выделены данные автора. Ссылки: 1-Митропольский Кулик; 2- Врублевский, 2004а,3– Борисенко и др., 2003, 2010, 4-Павлова и др., 2008.				

2004а, 2004б, 2005, Говердовский, 2004, Jargalan et al., 2007, Павлова и др., 2008, Pavlova, Borisenko, 2009, Добрецов и др., 2010, Третьякова и др., 2010, Васюкова и др., 2011], которые позволяют не только установить точный возраст формирования лампрофиров, но и подчёркивают этапность проявления мантийно-корового магматизма. (табл. 2-1, прил.1).

В рамках данного исследования впервые были получены самые древние датировки даек чуйского комплекса. Для исследований был отобран образец лампрофира (Dag6) из правого борта р. Дара (Южно-Чуйский ареал). Порода дайки имеет лампрофировую, порфировидную структуру с мелкозернистой основной массой и весьма крупными вкрапленниками флогопита (до 5 см в поперечнике). Микрозондовый анализ в нескольких точках по разрезу зерна показали, что вкрапленники, несмотря на крупный размер, однородны по составу. Результаты исследования Ar-Ar системы, на диаграмме в координатах «выделенный Ar-возраст» был получен график с двумя равновеликими плато, соответствующие возрастам $258,2 \pm 2,7$ и $273,8 \pm 2,7$. Однако в соответствии с построенной изохроной, возраст закрытия Ar-Ar системы равен $254 \pm 3,1$ млн лет (приложение 1).

Ранние датировки свидетельствуют о массовом становлении даек в обоих ареалах на уровне 249-242 млн лет. Большинство геохронологических данных получено по флогопитам Ar-Ar методом. Также проведено определение возраста дайки минетт на уч. Турген (Юстыдский ареал) U-Pb методом SHRIMP-II. В этой породе установлено два типа цирконов: реститовые метамиктные и новообразованные зональные. По зональным цирконам второго типа получены конкордантные значения возраста – $250,8 \pm 4,5$ млн лет (MSWD 0.119).

Близкие значения возраста получены и для пород Тархатинского комплекса. По цирконам из граносиенитов Н.И.Гусевым (U-Pb SHRIMP-II) конкордантный возраст составляет $247 \pm 5,2$ млн лет (по пяти точкам). Цирконы представлены светлыми субидiomорфными зернами с нечеткой зональностью и высоким отношением Th/U (0,99-1,62), что свойственно породам сиенитового ряда. Возраст сиенитов комплекса, полученный этим же методом, составляет 243 ± 3 млн лет и подтверждает их синхронность со становлением лампрофировых даек (табл.2-1, прил.1).

В отношении рудообразования к этому этапу в соответствии с датировками по серициту относится крупное Ag-Sb месторождение Асгат ($240 \pm 3,5$ млн лет), расположенное в Юстыдском ареале.

Следующий этап щелочного магматизма произошёл с некоторым перерывом, о чём свидетельствуют как наши данные, так и данные, взятые из литературных источников. Время становления даек второго этапа попадает в довольно узкий интервал от 234 до 236 млн лет. Точно такой возраст имеет целый ряд мелких рудопроявлений, сопряжённых с лампрофирами: Ag-Hg-Sb месторождение Кок-Узек в Южно-Чуйском ареале ($234,4 \pm 1,3$, $237,1 \pm 2,1$ млн лет, Ar-Ar), Hg месторождение Тюте, Северо-Чуйский хребет ($231,5 \pm 1$, Ar-Ar).

По результатам геологических и геохронологических исследований можно сделать следующие выводы:

1. Проведённые исследования позволили существенно уточнить общие временные границы проявления щелочного магматизма в разных локальных ареалах чуйского комплекса – $250,8 \pm 4,5$ – $234,6 \pm 3,1$ млн лет. Для Южно-Чуйского ареала он укладывается в интервал $249,2 \pm 2,5$ – $236,2 \pm 2,1$ млн лет (Ar-Ar метод), а для Юстыдского – $250,8 \pm 4,5$ – $234,6 \pm 3,1$ млн лет (Ar-Ar и U-Pb методы). Необходимо отметить, что в Южно-Чуйском ареале установлены редкие своеобразные дайки слюдяных лампрофиров, обогащённых крупными (< 3 см) мегакристами флогопита. Судя по возрастным спектрам, на которых выделено два возрастных плато: $276,8 \pm 2,7$ и $258,2 \pm 2,7$ (60%), эти лампрофиры имеют, вероятно, более древний возраст. Возможно, они относятся к другому, более раннему позднепалеозойскому этапу проявления базитового магматизма (теректинский комплекс) и кобальтового оруденения (приложение 1).

2. Обоснованы полихронность формирования, и выделены два этапа проявления щелочного магматизма в ареале чуйского комплекса: 1) ранний (минетты, керсантиты и породы Тархатинского сиенит-граносиенитового массива) $250,8 \pm 4,5$

– $242,6 \pm 2,8$ млн лет и поздний (дайки лампрофиров) – $236,9 \pm 4,2$ – $234,6 \pm 3,1$ млн лет. Такая двухэтапность развития проявлена во всех локальных ареалах чуйского комплекса. Формирование пород тархатинской интрузии по данным U-Pb датирования цирконов (247-243 млн лет) совпадает с заключительным периодом первого этапа развития чуйского комплекса ($250,8 \pm 4,5$ – $242,6 \pm 2,8$ млн лет). В ареале этого комплекса проявлен и раннемезозойский гранитоидный магматизм, тяготеющий в основном к зонам Курайско-Кобдинского и Толбонурского разлома. Возраст таких интрузий гранитов, часто пространственно обособленных от полей развития даек лампрофиров и имеющих Cu, Mo, W, Au металлогеническую специализацию укладывается в интервал 243-239 млн лет. Таким образом, выделенные два этапа формирования щелочного магматизма разделены внедрением гранитоидных интрузий, а также формированием Ag-Sb оруденения (табл.1, прил.1).

3. Возрастная корреляция раннемезозойского щелочного магматизма с характерным для ЮВ Алтая и СЗ Монголии Ni-Co-As, Ag-Sb и Sb-Hg оруденением показала, что с каждым из этапов магматизма связан свой комплекс гидротермального оруденения. С ранним этапом сближено во времени формирование Ni-Co-содержащей арсенопирит-лёллигитовой минерализации ($251,8 \pm 2,4$ млн лет), непосредственно предшествовавшей внедрению даек лампрофиров. Образование разных минеральных типов Ag-Sb оруденения завершает ранний этап щелочного магматизма, а Sb-Hg (антимонит-киноварное и барит-Hg блёклорудное) оруденение заканчивает второй этап развития магматизма. Эти данные хорошо согласуются с наблюдаемыми пространственно-временными соотношениями магматических пород с разными типами оруденения (Оболенская, 1971, Митропольский, Кулик, 1975, Оболенский, Оболенская, 1983, Борисенко и др. 1992 и др.).

Глава 3. МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАМПРОФИРОВ ЧУЙСКОГО КОМПЛЕКСА И СИЕНИТОВ ТАРХАТИНСКОГО МАССИВА

3.1 Петрографическая характеристика пород.

В зарубежной литературе лампрофирами считают породы порфировой или порфировидной структуры, с вкрапленниками темноцветных минералов, как правило, биотита, амфибола и пироксена, и полевыми шпатами в основной массе. При этом подчеркивается, что лампрофиры образуют дайки или малые интрузии, часто имеющие признаки гидротермального изменения [Le Maitre et al., 2002]. В российской классификации уточняется, что во вкрапленниках, наряду с постоянно присутствующими слюдами (биотитом, флогопитом), и (или) роговой обманкой, могут содержаться клинопироксен (авгит, титан-авгит), оливин или мелилит. А среди основной массы помимо полевых шпатов могут присутствовать фельдшпатоиды [Петрографический кодекс, 2009].

Однако и та, и другая классификация использует структурно-текстурные признаки для отнесения пород к семейству лампрофиров, и модальный состав, а именно, соотношение мафических и салических минералов, для видовой идентификации.

На практике определение лампрофиров существенно осложняется из-за, во-первых, «промежуточных» пород между ними и другими магматическими породами, и, во-вторых, из-за постмагматических изменений - как вторичного гидротермального, так и автометасоматического, которые могут скрывать первично-магматический состав и структуру.

В рамках данной работы были изучены породы даек чуйского комплекса и Тархатинского массива. Расположение Тархатинского массива в центре Южно-Чуйского ареала, а также синхронность его формирования с дайками стали причиной более тщательных исследований выбранных объектов их сравнения.

Представленное в данной работе исследование показало, что все изученные породы имеют схожий минеральный и петрохимический состав, химизм минералов. А различия между лампрофирами и сиенитами Тархатинского массива базируются в основном на текстурно-структурных особенностях и соотношениях породообразующих минералов. Для иллюстрации, все породы будут описаны совместно, составы одноимённых минералов из даек и массива рассмотрены на одних диаграммах.

Породы исследуемых даек имеют порфировидную, лампрофировую структуру. По структуре и минеральному составу породы даек трёх исследуемых ареалов чуйского комплекса (Акташского, Южно-Чуйского и Юстыдского) относятся к семейству лампрофиров и представлены слюдяными разновидностями - минеттами. Вкрапленники во всех без исключения породах даек представлены Fe-Mg слюдой (биотитом). Помимо слюды в качестве вкрапленников иногда присутствуют пироксены в подчинённом количестве (обр. T11, PB11) – чаще всего клинопироксен, в редких случаях встречаются единичные зёрна ортопироксена. Также часто встречаются полные хлорит-кварц-карбонатные псевдоморфозы, как правило, с магнетитовой оторочкой, образованные по первичным вкрапленникам. Морфология псевдоморфоз (призматический габитус с развитой бипирамидой) и сравнение с аналогичными породами других лампрофировых комплексов, позволяют предположить, что это мог быть оливин. Основная масса чаще всего раскристаллизована и сложена микрокристаллическим агрегатом преимущественно полевошпат-карбонатного состава с апатитом, биотитом, пироксеном (если он присутствует как вкрапленник), кварцем. В редких случаях в основной массе присутствует стекло. Акцессорные минералы представлены ильменитом, магнетитом, рутилом, флюоритом, целестинобаритом, апатитом, достигающим по содержанию первых процентов, цирконом и сфеном, встречающихся в виде единичных зёрен.

Несмотря на схожесть и единообразие минерального состава, лампрофиры из разных даек изучаемого региона визуально сильно отличаются друг от друга. Это обусловлено их текстурно-структурным разнообразием. Среди текстур изученных пород встречаются как массивные однородные, так и пятнистые (такситовые), полосчатые. Часто лейсты вкрапленников слюды, ориентированные параллельно контакту, формируют директивную текстуру породы. Структура пород даек всегда является порфировидной, лампрофировой. Однако структура основной массы варьирует от равномернозернистой гипидиоморфнозернистой до аллотриоморфнозернистой, также характерными структурами являются глобулярная, сферолито-фельзитовая, оцеллярная (глазковой) и др. (рис. 3-1а, б).

Наиболее характерными для лампрофиров, в середине прошлого века считавшиеся диагностическим признаком пород данного семейства, являются глобулярная и оцеллярная структуры. Их происхождение безусловно имеет петрологическое значение. Условия формирования глобулярной и оцеллярной структур являются объектом дебатов со второй половины XX века по настоящее время (Philpotts, 1976; Freestone, 1978; Cooper, 1979; Carstens, 1982; Попов, 1982; Huang et al., 2002; Holub, 2004).

Для лампрофиров разных ареалов выделены некоторые специфические петрографические особенности.

Для большинства пород даек Южно-Чуйского ареала характерной является *глобулярная* структура. Главный структурообразующий элемент, глобулы, внешне отличаются от матрикса по цвету. Диаметр глобул варьирует от 1 до 10 мм, контакт с основной массой резкий. Содержание глобул в породе варьирует от 25 до 85 %. При высоких содержаниях глобул, они слипаются, образуя полиглобулярные агрегаты.

Глобулы обладают неоднородным строением и состоят из ядра и каймы. Кайма имеет толщину 0,5-1 мм, хорошо выделяется по окраске и развивается на границе глобулы и матрикса. Для полиглобулярных агрегатов характерна общая кайма.

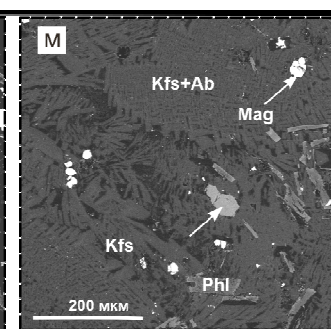
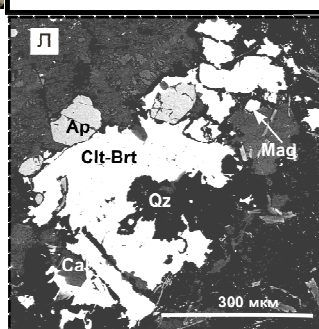
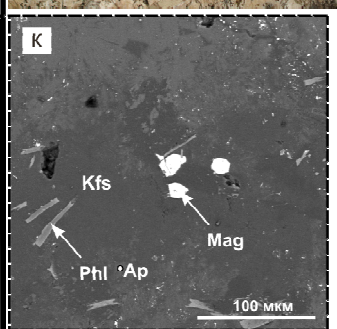
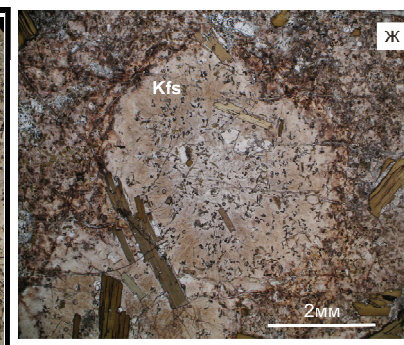
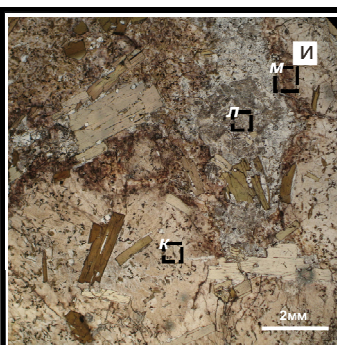
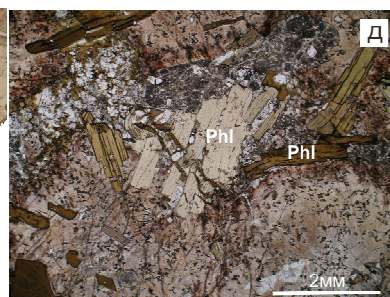
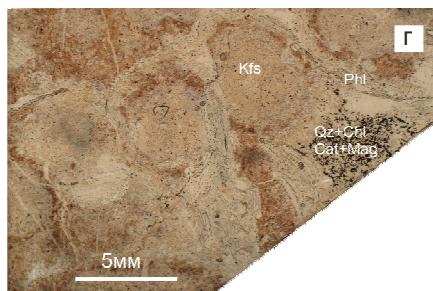
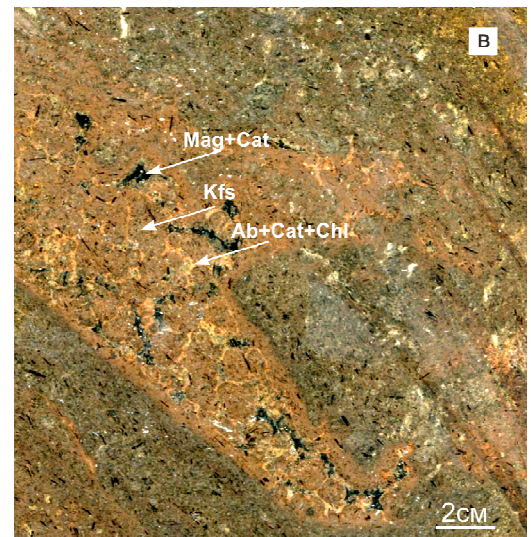


Рис. 3-1. Глобулярные структуры даек Южно-Чуйского ареала чуйского комплекса раннемезозойских лампрофиров.

а) Лейкократовый лампрофир из русла руч. Тураюк. В образце хорошо видно чередование равномернозернистой и глобулярной структуры. Слоистость параллельна контакту, маркированному ксенолитами вмещающих пород. Переходы между слоями постепенные, без закалочных зон.

б) Образец лейкократового лампрофира отобран из правого борта р. Дара. От *контакта*, маркированного ксенолитами вмещающих пород, по направлению к центру дайки наблюдается закономерное увеличение количества и размера глобулей.

в) Лампрофировая дайка из правого борта р. Тархата, среднее течение, вблизи Тархатинского массива. Внутри равномернозернистой породы наблюдается шпир неправильной формы. Шпир имеет пламенивидную форму, отчётливо видимую за счёт каймы коричневого цвета. Кайма имеет, ровный с внешней стороны и фестончатый внутренний контур шириной около 1.5 мм. Основным структурообразующим элементом породы, находящейся в шпире являются красноцветные глобули, окружённые лейкократовым материалом. В интерстициях между глобулями находятся скопления рудного материала и фосфатно-карбонатного агрегата. Фенокристы флогопита находятся повсеместно: как внутри глобули, в промежутках между ними и в равномернозернистой породе.

г) Состав глобулей и межглобулярного пространства, определённый на микрозонде. Сами глобули сложены преимущественно полевым шпатом. В межглобулярном пространстве находится карбонат-кварц-хлорит-магнетитовый агрегат.

д, е, ж, з) Парные фотографии в одном поляризаторе (д, ж) и скрещенных поляризаторах (е, з). Показано сферолитовое строение глобули и полиглобулярного агрегата.

и, к, л, м) Состав глобули и межглобулярного пространства, определённых на сканирующем микроскопе. и) Фотография в одном никеле. На фото показаны места, выбранные для определения состава на сканирующем микроскопе. к-л) Фото в отражённых электронах. В краевой, светлоокрашенной части глобули находится целестинобарит с апатитом, магнетитом, кварцем и карбонатом.

По составу глобули представляют собой агрегат преимущественно полевошпатового состава, имеющего или сферолитовое строение, или состоящий из скелетных кристаллов в альбитовом матриксе (рис. 3-1) с мелкой магнетитовой или магнетит-пиритовой вкрапленностью. Граница глобули маркируется оксидами железа. Межглобулярное пространство сложено апатит-карбонатным агрегатом с аксессуарными магнетитом, целестинобаритом и кварцем. Крупные вкрапленники флогопита изгибаются, «облекая» глобули или пересекают их границы. В последнем случае часть вкрапленника, заключённая в глобули сохраняет ровную форму, а часть, попавшая в матрикс изгибается (рис.3-1д). Скопления рудных и аксессуарных минералов между полевошпатовыми глобулями по своему структурному положению являются первичными, и были образованы на магматическом этапе кристаллизации породы.

В разных дайках наблюдаются различные сочетания равномернозернистой и глобулярной текстур. Один из образцов лампрофиров, отобранный из дайки (руч. Тара Оюук), представлен на рис. 3-1а. Краевая зона дайки маркируется ксенолитами вмещающих пород, располагающихся параллельно контакту. По направлению к центру, перпендикулярно контакту происходит чередование массивной и глобулярной текстур, формируя полосчатый облик породы. Признаки закалки между полосами породы с разной текстурой отсутствуют.

В другом образце (отобран из левого борта р. Дара) размеры глобулей закономерно и равномерно увеличиваются по разрезу дайки от 0,2 до 1 см, постепенно сливаясь между собой (рис 3-1б). Также она проявлена в шлирах неправильной формы на фоне преобладающей равномернозернистой массивной текстуры. На рис. 3-1 в представлен шпир из обр. Tar16 (правый борт р. Тархата, рядом с северо-восточной границей Тархатинского массива). Шпир имеет пламенивидную форму, по всему контуру окружён хорошо выраженной коричневой каймой шириной около 2 мм. Границы каймы и со стороны шпир, и со стороны матрицы очень четкие, без признаков диффузионного растворения. При этом внешняя граница ровная, а внутренняя - волнистая до фестончатой, обусловленная слипанием глобулей. Каймы по минеральному составу неотличимы от центральных частей глобул.

Слипание нескольких глобулей в агрегаты, связанное с их подвижностью внутри магматического расплава, а также пламенивидная форма шпир (схожая с формой турбулентных потоков), указывают на жидкое или близкое к жидкому состоянию вмещающего и инжецируемого материала. Внутренняя структура и минеральный состав шпир идентичны структуре и составу глобулярных лампрофировых даек. Основное отличие заключается в хаотичном в отличие от закономерно-полосчатого или равномерного расположения глобулей в шпире по сравнению с их распределением внутри глобулярных лампрофировых даек. Вместе с этим, минеральный и химический валовый состав глобулярных и

равномернозернистых даек близок. Из этого следует, что расплавы, формирующие породы шпир и вмещающей его равномернозернистой дайки когенетичны, однако более поздний расплав был более флюидонасыщен возможно вследствие большей степени фракционирования.

Структурное соотношение фенокристов флогопита, сферолитов полевошпатового состава и кварц-апатит-карбонатного агрегата, занимающего интерстиционное, «цементирующее» положение указывает на последовательность кристаллизации инъецируемого расплава. Разновременность консолидации глобул и интерстиционно расплава и более высокие концентрации летучих компонентов в расплаве матрицы, понижавшие температуру кристаллизации, подтверждается не только его апатит-карбонатным составом, но и изогнутостью кристаллов слюды на границе глобул. Особенности в строении и окраске кайм свидетельствуют о взаимодействии глобул с интерстиционным расплавом, в результате чего происходило потемнение на контакте глобул с матричным расплавом, связанное, очевидно, с окислением Fe^{2+} .

В породах даек Юстыдского и Акташского ареалов часто встречается *оцеллярная* текстура, видимая только в шлифах. Структурный рисунок обусловлен характерной изогнутой формой лейст флогопита, обрамляющих оцелли. Сами оцелли выполнены преимущественно кальцитом, иногда со щелочным полевым шпатом в различных соотношениях, либо их состав идентичен основной массе (рис. 3-1к, л, 3-2). По петрохимическим и изотопным данным, дайки Юстыдского ареала не несут признаков существенной контаминации в коровых условиях и последующего гидротермального изменения (низкие LOI, низкое значение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), поэтому можно признать магматический генезис карбоната. На определённом этапе эволюции расплава, при кристаллизации, происходило разделение расплава на две жидкости. При этом на шарообразные капли жидкости карбонатного состава налипали лейсты флогопита, изолируя их от преимущественного силикатного расплава. Затем происходила кристаллизация основной массы породы и на заключительном этапе кристаллизовалась внутренняя часть оцелли. Различия в составе внутренней части оцеллей (присутствие

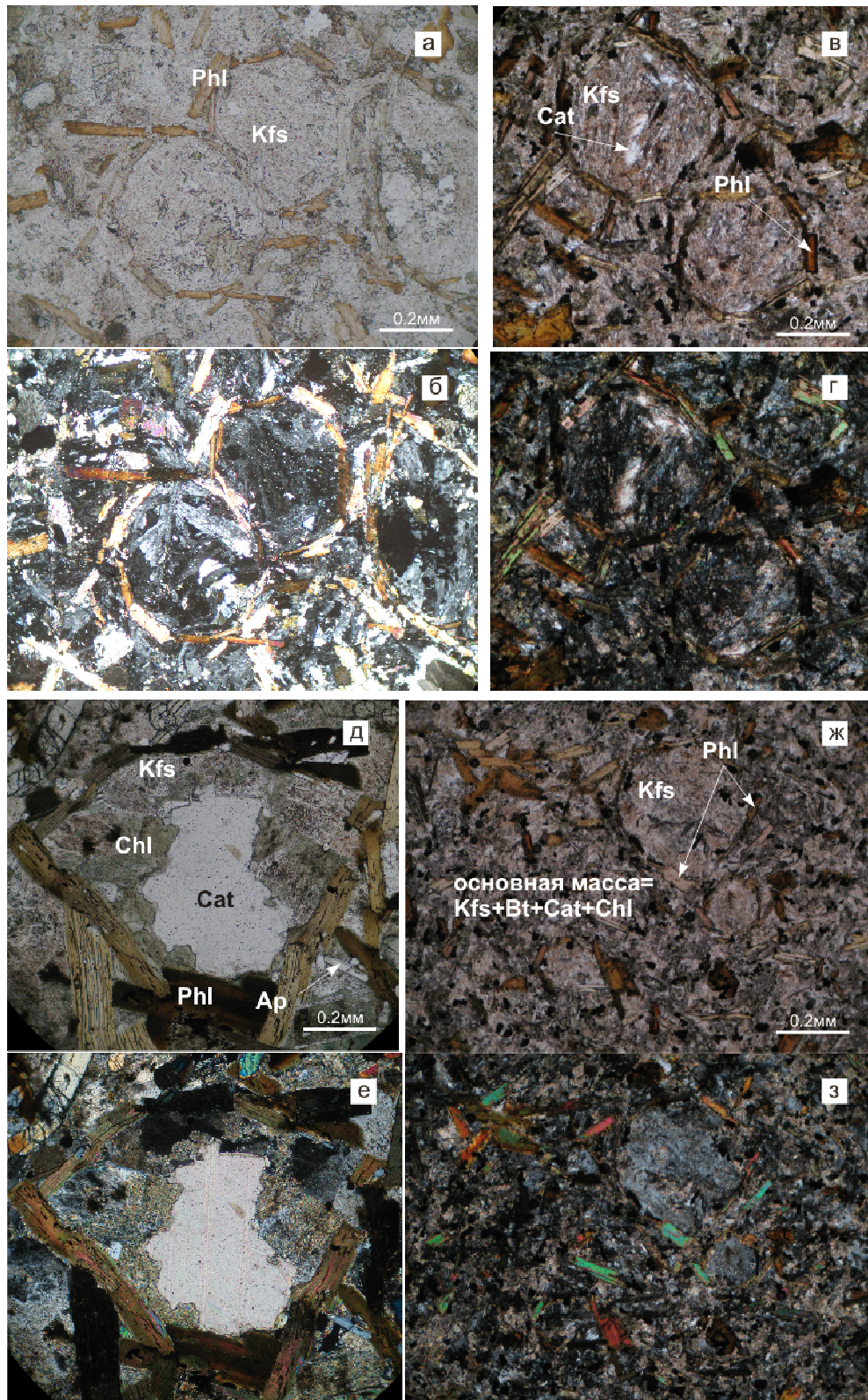


Рис. 3-2. Оцеллярная структура лампрофиров в дайках Юстыдского ареала чуйского комплекса. (а, в, д, ж – фотография в одном николе; б, г, е, з – в скрещенных николях) Структурообразующим элементом являются удлинённые кристаллы слюды, часто изогнутые, образующие замкнутые контуры. Контуры зачастую имеют округлую форму. Центральная часть оцеллей или «глазков» выполнена щелочным полевым шпатом и карбонатом в различных соотношениях. Иногда там же присутствует хлорит.

щелочного полевого шпата или материала, схожего по составу с основной массой) скорее всего связаны с проникновением силикатного расплава внутрь карбонатной капли через неплотно прилегающие друг к другу лейсты слюды. Подобные структуры являются признаком неэффективной ликвации, т.е. разделения на две жидкости при их совместном сонахождении. Эти данные хорошо согласуются с результатами изучения расплавных включений в минералах лампрофирах чуйского комплекса.

Закономерно встаёт вопрос о влиянии состава на образование такого рода текстур. На бинарные диаграммы были нанесены составы пород с оцеллярной и глобулярной текстурами. На некоторых из них точки пород, обладающих разными текстурами, образовали независимые кластеры (рис. 3-3). Вместе с тем другие породы, обладающие схожим составом, не имеют подобных текстур. Это значит, что состав, по-видимому, является причиной формирования специфических текстур, но в совокупности с другими факторами

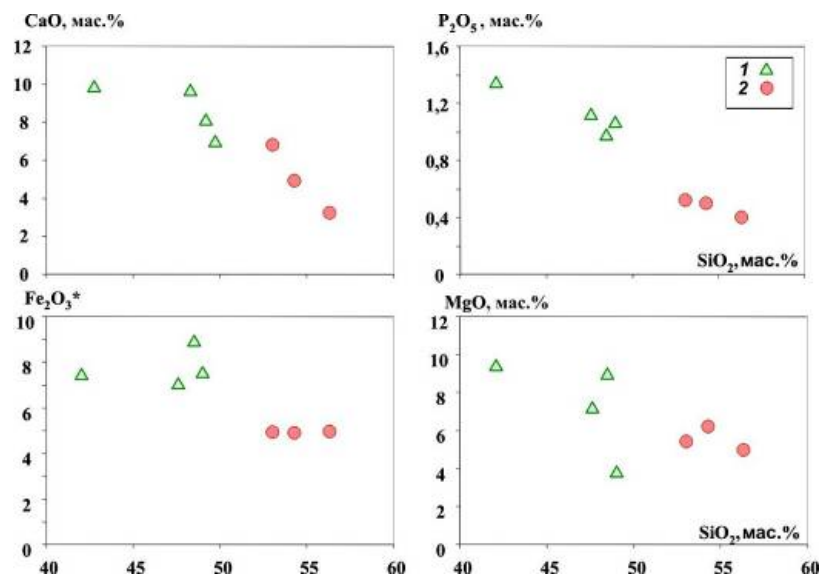


Рис. 3-3. Различия в составе между оцеллярными (1) и глобулярными (2) текстурными разновидностями лампрофиров. (Fe_2O_3^* - суммарное содержание железа в мас.%, рассчитанное на Fe^{3+}).

Кроме структур, обусловленных особенностями соотношения минералов, встречаются и наложенная такситовая текстура типа «*колец Лизеганга*». Она проявляется в присутствии одного или нескольких концентрических окружностей рыжеватого цвета, расположенных незакономерно относительно границ минералов

(рис. 3-4). Скорее всего, появление подобной структуры связано с поздним, наложенным процессом просачивания растворов через породы даек.

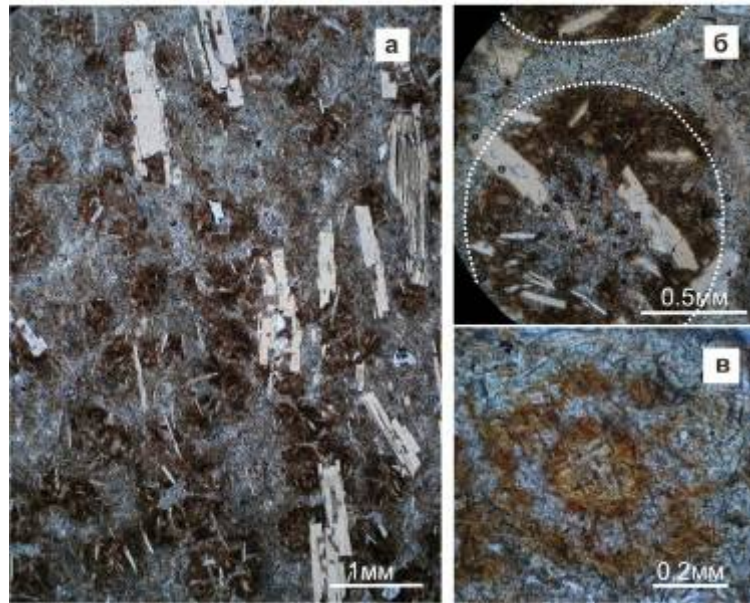


Рис. 3-4. Пятнистая, такситовая текстура, выраженная в проявлении одной или нескольких концентрических окружностей рыжего цвета, не связанная с границами минералов.

Текстура сиенитов и монцодиоритов Тархатинской интрузии массивная, структура - гипидиоморфнозернистая, местами порфировидная. Минеральный парагенезис в породах Тархатинского массива характеризуется постоянным присутствием плагиоклаза, К-Na полевого шпата, Fe-Mg слюды и кварца. В меланократовых разновидностях (монцодиоритах и сиенитах) к ним добавляются в переменных соотношениях амфибол, клинопироксен и ортопироксен. Характерны шпирообразные скопления темноцветных минералов, сопровождающиеся, как правило, апатитом и сфеном. Порфировидные выделения представлены калишпат-пертитом и плагиоклазом.

3.2 Особенности состава минералов лампрофиров и сиенитов

3.2.1 Слюды

В лампрофирах субидиоморфные кристаллы железо-магнезиальных слюд находятся во вкрапленниках и в основной массе, являясь главным

породообразующим минералом. На рисунке 3-5 представлены возможные формы выделения слюд. Размеры вкрапленников варьируют от десятых долей миллиметра до нескольких сантиметров, по отношению к другим породообразующим минералам слюды обладают резким идиоморфизмом. Чаще всего вкрапленники имеют форму нормальных чаще всего зональных кристаллов. Однако в некоторых дайках встречаются такие морфологические разновидности, как футлярные кристаллы. Вкрапленники слюды в лампрофирах часто бывают изогнуты с разделением кристалла по спайности. Трещины при этом выполняются кварцем, карбонатом (кальцитом или доломитом) с целестинобаритом и титаномagnetитом или флюоритом (рис.3-5а, б). Иногда слюда образует довольно крупные скопления – *слюдиты*, с кварц-карбонатным цементом (рис.3-5а).

Кроме спорадически встречающихся слюдитов, скопления слюды наблюдаются в контакте дайки с вмещающими породами, где лейсты располагаются субпараллельно контакту, и на контакте с некоторыми ксенолитами. В оцеллярных разностях лампрофиров слюда играет текстурообразующую роль, окаймляя оцелли (рис.3-2а,е, рис.3-5д).

Состав и морфология кристаллов слюды - главного породообразующего минерала лампрофиров, являются индикаторами физико-химических параметров расплава, включая флюидный режим. По структурным особенностям, зональности и составу выделяются несколько генераций, кристаллизующихся на разных стадиях эволюции щелочно-базитовой магмы. Ранние более магнезиальные слюды отвечают парагенезису интрателлурических вкрапленников и кристаллизовались совместно с клинопироксеном и, возможно, оливином. Другие отвечают этапу кристаллизации в самой дайке и находятся в основной массе в парагенезисе с К-Na полевым шпатом. В связи с этим особенности составов слюд несут важную информацию о характере эволюции составов расплавов и флюидном режиме при их кристаллизации. Разброс составов слюд, морфология вкрапленников (сосуществование резорбированных и

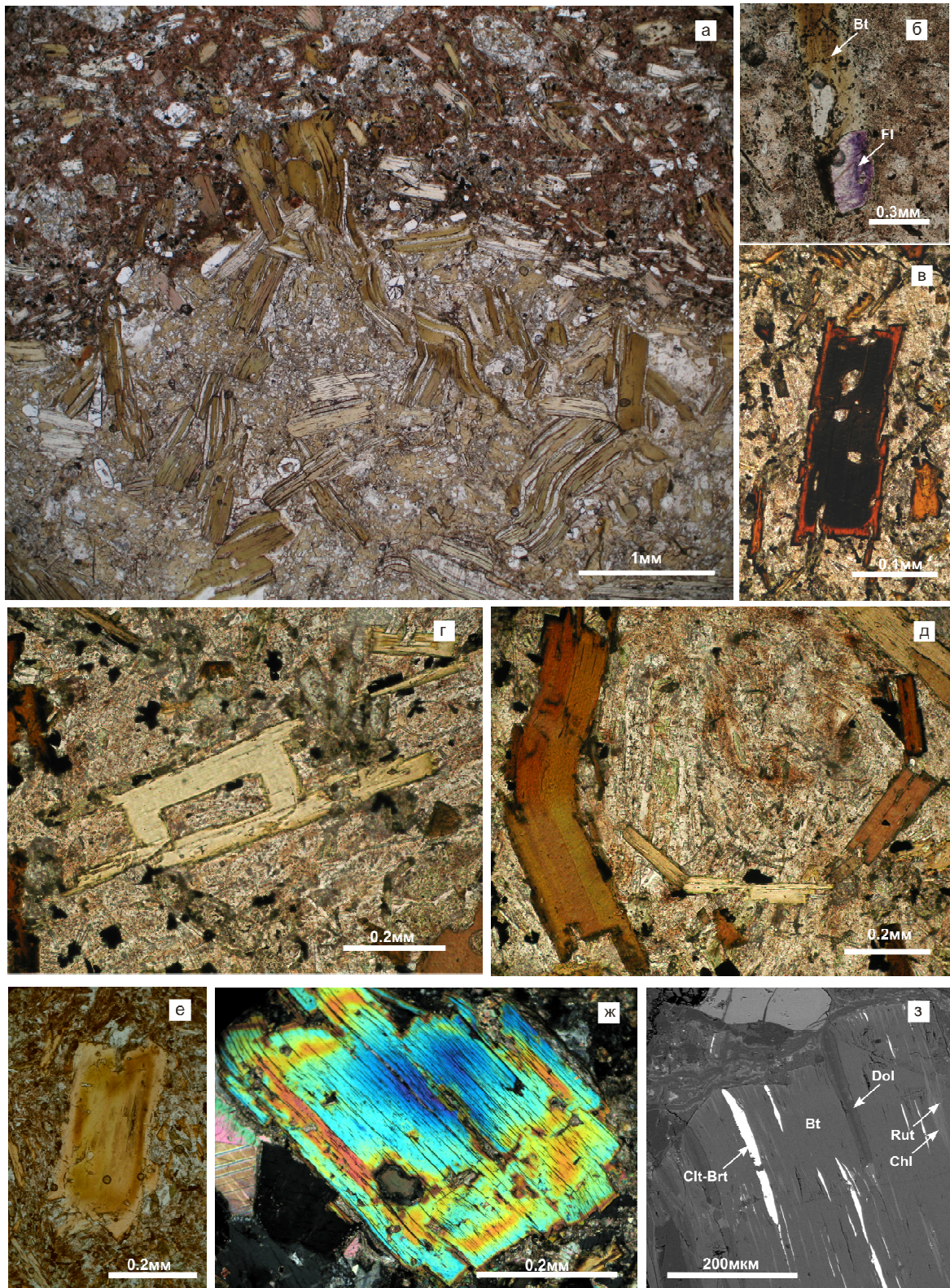


Рис. 3-5. Флогопиты лампрофиров чуйского комплекса.

а – контакт «слюда», состоящего из изогнутых лейст флогопита и кварц-карбонатного цемента, и лампрофира; б – замещение вкрапленника флогопита флюоритом; в – обратная зональность во флогопите; г – футлярный кристалл флогопита; д – тангенциально-расположенные лейсты флогопита, формирующие оцеллярный рисунок породы; е – многозональный вкрапленник флогопита; ж – зональный вкрапленник флогопита в скрещенных николях; з – изображение в идиоморфных кристаллах, с прямой и обратной зональностью, обратно-рассеянных электронов – показан вкрапленник флогопита и сопутствующие ему минералы).

многозональные кристаллы) даже в пределах одной дайки свидетельствует о многоимпульсном поступлении расплава в область кристаллизации. Однако, многочисленные анализы (более 150) позволили сделать некоторые обобщения и проследить тенденции изменения составов слюд. Результаты анализов слюд приведены в таблице 3-1.

Нанесенные на тройную диаграмму для биотитов в координатах $\text{Mg-Fe}^{2+}\text{-Al}^{\text{VI}}$ (рис.3-6), точки составов попадают в поле флогопитов ($\#\text{Mg}=54\text{-}92$ мас.%). Биотиты Юстыдского ареала характеризуются меньшей магниезельностью (поле их составов пересекает границу между флогопитами и аннитами). В целом, поля слюд из разных ареалов и из разных пород пересекаются. Для Тархатинского массива также характерно присутствие слюды (всегда больше 10%) во всех разновидностях пород. В некоторых разновидностях пород Тархатинского массива отмечаются крупные (до 1 см) вкрапленники слюды. Чаще всего этот минерал представлен гипидиоморфными кристаллами.

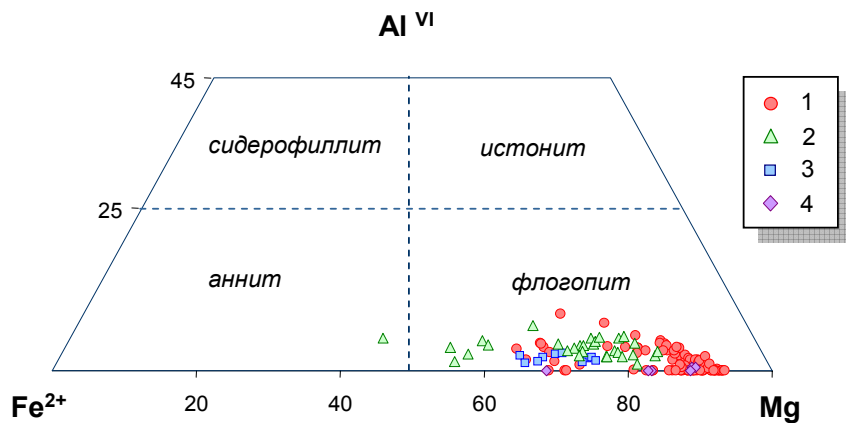


Рис. 3-6. Составы железо-магнезиальных слюд на тройной диаграмме минералов семейства биотитов из пород даек чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива [Номенклатура..., 1998]. 1 – лампрофиры Южно-Чуйского ареала; 2 – лампрофиры Юстыдского ареала; 3 – сиениты Тархатинского массива; 4 – лампрофиры Акташского ареала.

Для определения особенностей состава флогопитов были проведены петрографические исследования и измерения состава при помощи микрозонда и сканирующего микроскопа. В каждом изучаемом образце измерялся состав краевой и центральной части вкрапленников, а также состав кристаллов в основной массе.

По распределению минералообразующих компонентов во флогопитах между краевой и центральной частью вкрапленников и кристаллами основной массы, породы можно разделить на несколько групп. Диаграммы в координатах FeO-MgO представлены на рисунке 3-7.

К первой мы отнесли те образцы, в которых состав краевой и центральной частей вкрапленников и кристаллов основной массы не отличаются. К этой группе были отнесены образцы из Тархатинской интрузии и некоторых даек Южно-Чуйского ареала. На диаграмме FeO vs MgO (мол.%) точки образуют два независимых кластера (рис. 3-7-1). Флогопиты Тархатинских сиенитов и некоторых лампрофиров (образцы из двух даек) отличаются более высокой железистостью. В эту же группу попали точки пород двух даек Южно-Чуйского ареала. Породы даек имеют порфировидную структуру с вкрапленниками флогопитов и, в соответствии с Петрографическим кодексом, относятся к разновидности слюдяных лампрофиров. Одна из них находится в непосредственной близости с тархатинской интрузией, другая находится в левом борту р. Тара Оуюк (обр.Т12) и отличается явлением замещения флогопита флюоритом (рис. 3-5б). Кроме высокой железистости, флогопиты сиенитов и двух вышеупомянутых даек отличаются повышенными содержаниями титана – ~4-5вес.% по сравнению с 1-3вес.% для других даек Южно-Чуйского ареала (рис. 3-7а).

Ко второй относятся те породы, в которых флогопиты-вкрапленники не обнаруживают значимых различий в составе краевой и центральной части, а кристаллы основной массы являются существенно более железистыми (рис. 3-7 б).

К третьей группе относятся породы с явно зональными вкрапленниками (рис. 3-7 в,г). Зональность встречается как прямого характера, так и обратного. Как правило, железистость кристаллов основной массы совпадает с железистостью краевой части или существенно её превышает.

На всех диаграммах во всех группах хорошо видны тренды от более магниальных к более железистым разностям в одних и тех же пределах. Различие заключается лишь в непрерывности этого тренда для флогопитов в лампрофирах, тогда как на диаграмме, где представлены составы флогопитов 1 группы, точки флогопитов тархатинских сиенитов и некоторых лампрофиров образуют два независимых кластера на концах уже упомянутых трендов.

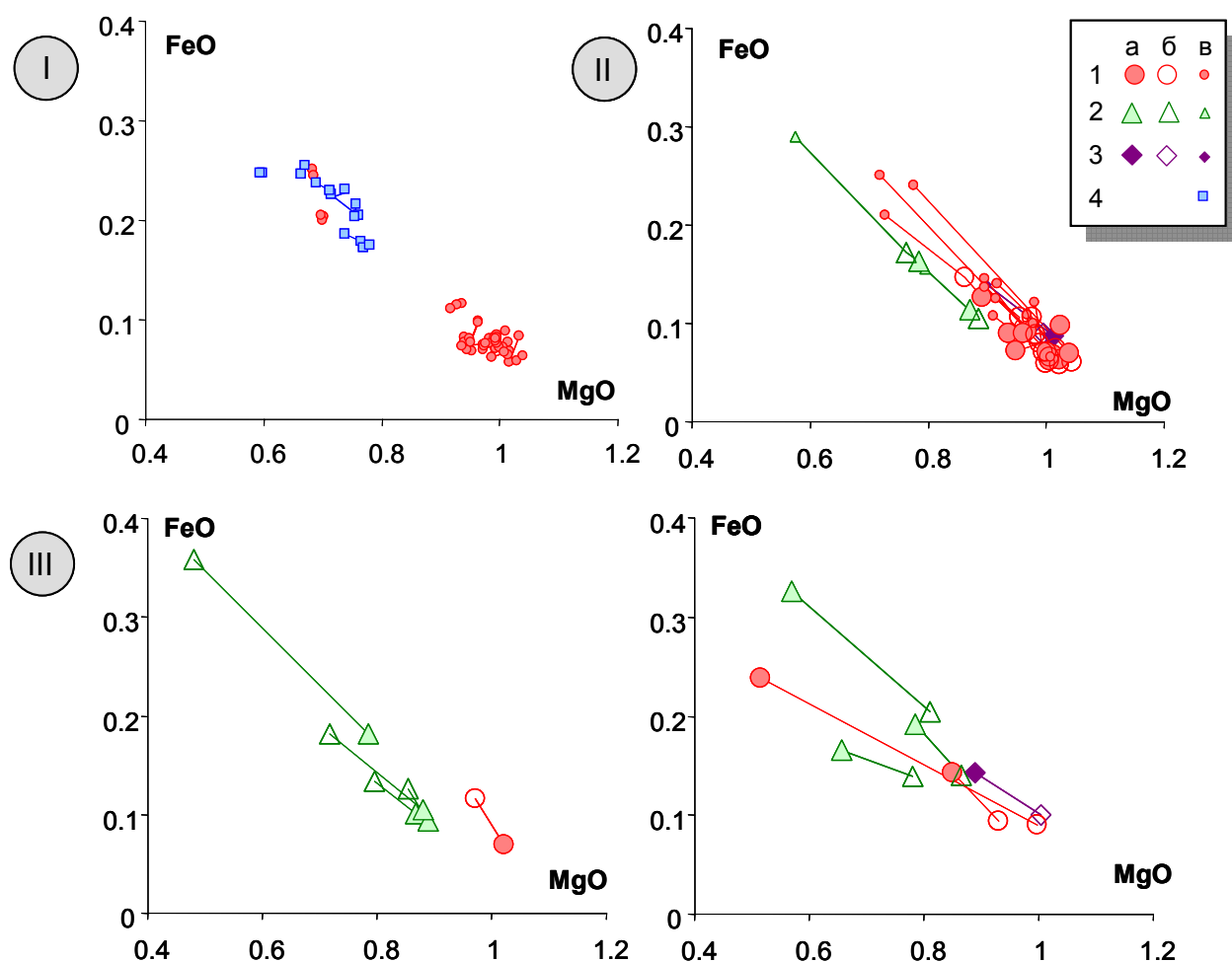


Рис. 3-7. Группы лампрофиров чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива, разделённые по распределению Fe-Mg во флогопитах между центральной и краевой частями вкрапленников и кристаллами основной массы.

Обозначения:

I-III – группы пород. Описание приведено в тексте.

1–3 – слюды лампрофиров южно-чуйского (1), юстыдского (2) и акташского (3) ареалов; 4 – слюды сиенитов Тархатинского массива; а – составы центральных частей вкрапленников; б – составы краевых частей вкрапленников; в – составы кристаллов из основной массы. Линиями соединены составы слюд одного образца.

Для слюд данного комплекса типичными являются повышенные содержания фтора и хлора ($F=0,5-2,5$ мас.%, Cl до 0,2 мас.%), количество и соотношение которых являются отражением флюидного режима расплава. Для изучения распределения фтора и хлора на первоначальном этапе исследований были выбраны три образца, отобранные из разных близко расположенных даек Тархатинского участка (Южно-Чуйский ареал). Существенное отличие пород заключалось в содержании SiO_2 , варьирующем от 49,7 до 59,7 мас.%. На рисунке 3-8г представлены составы пород в порядке увеличения кремнекислотности. Пропорционально SiO_2 растёт содержание Al_2O_3 , Na_2O , уменьшается MgO и P_2O_5 , а K_2O и TiO_2 остаются неизменными. Магнезиальность вкрапленников флогопитов

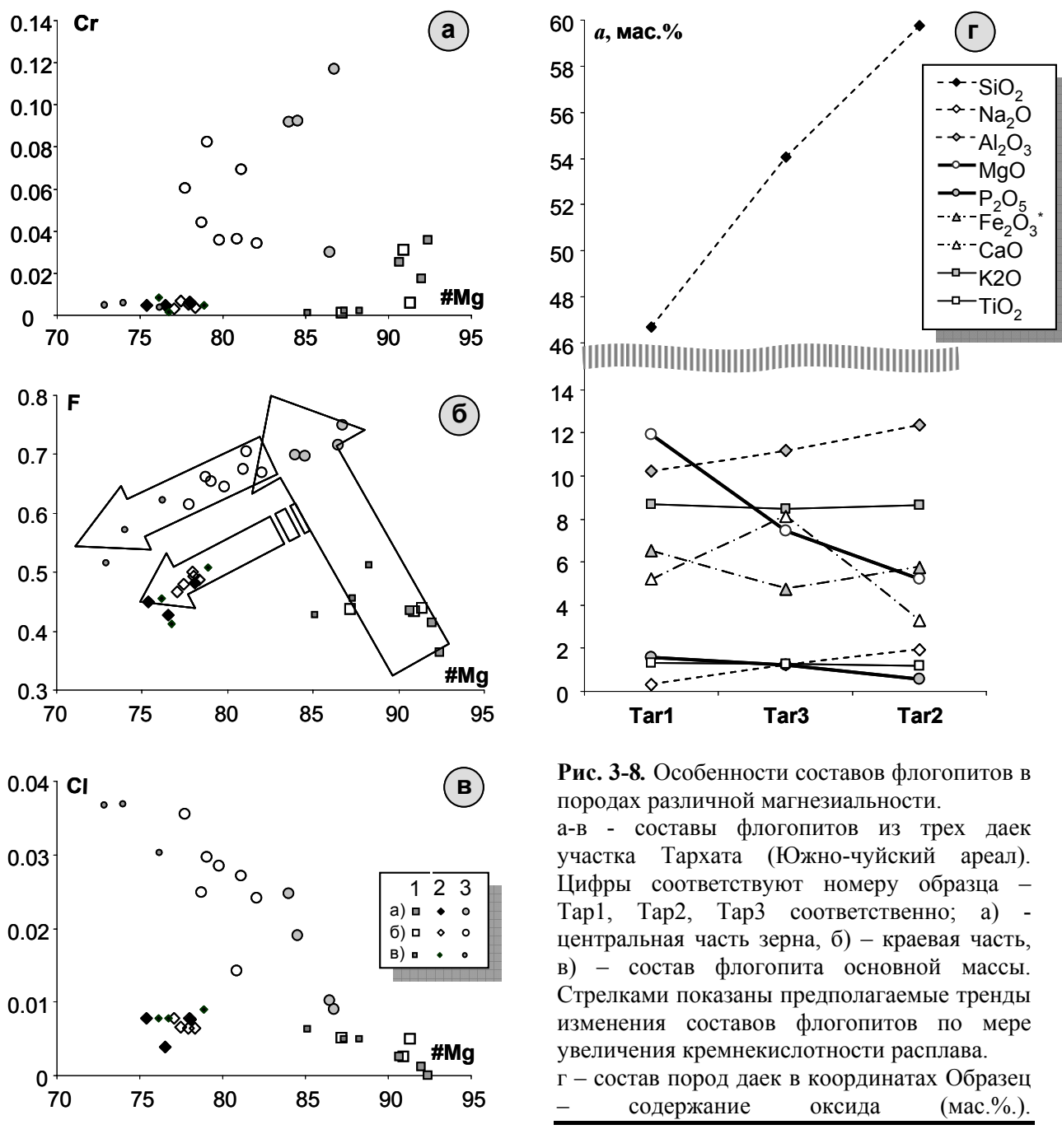


Рис. 3-8. Особенности составов флогопитов в породах различной магнезиальности.

а-в - составы флогопитов из трех даек участка Тархата (Южно-чуйский ареал). Цифры соответствуют номеру образца — Тар1, Тар2, Тар3 соответственно; а) - центральная часть зерна, б) — краевая часть, в) — состав флогопита основной массы. Стрелками показаны предполагаемые тренды изменения составов флогопитов по мере увеличения кремнекислотности расплава.

г — состав пород даек в координатах Образец — содержание оксида (мас. %).

пропорциональна содержанию MgO в породе. Для иллюстрации эволюции состава слюд по мере фракционирования расплава были использованы такие характеристики как магнезиальность слюд, содержание в них Cr и летучих — F и Cl (рис.3-8 а-в).

Рисунок 3-8 иллюстрирует, что во флогопитах наиболее магнезиального образца Тар1, кристаллизовавшегося из наименее фракционированного расплава, происходит накопление летучих и падение Cr в ряду «флогопиты вкрапленники-

флогопиты основной массы». Скорее всего, эти флогопиты-вкрапленники являются интрателлурическими. Для флогопитов образца Тар3, образованного из более фракционированного расплава, хорошо видно изменение состава в ряду «центральная часть вкрапленников - краевая часть вкрапленников - флогопиты основной массы»: уменьшение магниальности и содержания фтора при увеличении содержания хлора. Такое изменение состава флогопита и соотношений газовой фазы может происходить при фракционировании флогопита, когда одновременно происходит кристаллизация фтор-апатита. Для наиболее кислой породы (обр. Тар2) существенного изменения состава слюд не наблюдается. Однако нахождение составов вдали от описанных трендов позволяет предположить, что породообразующий расплав формировался в промежуточной камере из расплава, обедненного флюидной фазой, о чем свидетельствуют низкие содержания как фтора, так и хлора.

На графике в координатах F-#Mg (рис. 3-9), построенного для всех проанализированных флогопитов, выявлены следующие закономерности. По мере фракционирования от наиболее магниальных к более железистым составам, слюды поначалу накапливают фтор. Начиная с магниального номера 85 и ниже, для всех слюд характерно постепенное снижение содержания F. Такая закономерность прослеживается для слюд лампрофиров всех трёх ареалов и сиенитов Тархатинского комплекса.

Графики в координатах (Cr, F, Cl - #Mg), а также TiO_2 -#Mg и $TiO-Al_2O_3$, были построены для всех проанализированных флогопитов (рис. 3-9). В целом слюды даек разных ареалов и сиенитов очень близки по составу и не образуют

независимых полей, однако можно выделить несколько характерных особенностей. Целая группа слюд Южно-Чуйского и Акташского ареала отличаются высокой магнезиальностью (около 90 против 60-80 для слюд других групп пород) и сравнительно повышенным содержанием хрома (достигающее 2%, тогда как составы слюд других объектов в среднем содержат до 0,5%). Среди слюд Южно-Чуйского и Акташского ареала самые высокие значения магнезиальности и содержания хрома (до 2мас.%) принадлежат вкрапленникам, тогда как составы кристаллов основной массы обладают более низкими значениями (<0,75мас.%). Отличительной чертой слюд сиенитов Тархатинского массива являются самые высокие содержания хлора. Слюды Юстыдского ареала характеризуются повышенным относительно других содержанием глинозёма.

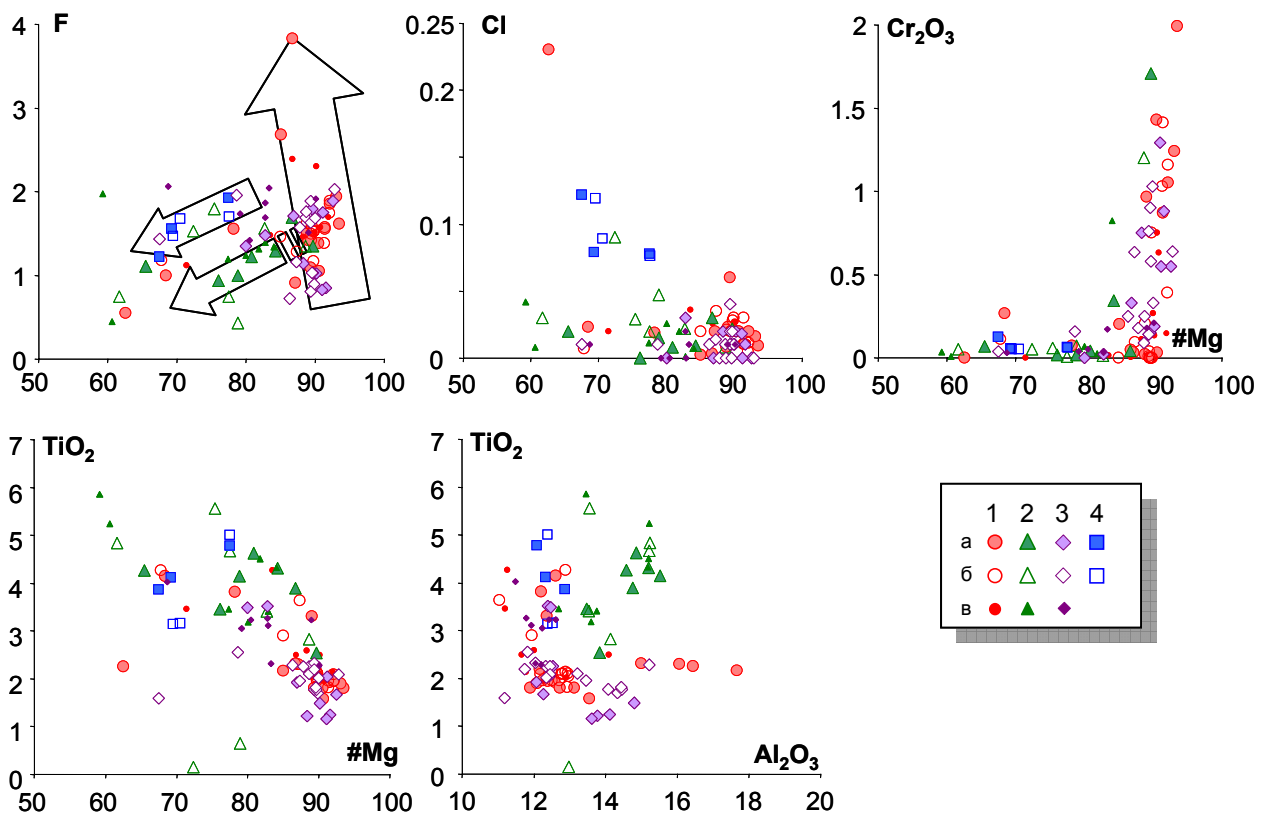


Рис. 3-9. Особенности составов флогопитов изучаемых пород.

1 – в лампрофирах Южно-Чуйского ареала; 2 – в лампрофирах Юстыдского ареала; 3 – в лампрофирах Акташского ареала; 4 - в сиенитах Тархатинского массива; а – центральные и б – краевые части зерен, в - флогопиты основной массы. Стрелками показаны предполагаемые тренды изменения составов флогопитов по мере эволюции источника (уменьшения его магнезиальности).

3.2.2 Пироксены

Пироксены довольно редкий минерал для исследуемых пород, большинство из которых являются минеттами, то есть слюдяными лампрофирами. Петрографически занимают позицию вкрапленников в лампрофирах, а также находятся в основной массе как в гипабиссальных (лампрофирах), так и в плутонических породах (сиенитах). Пироксены имеют гипидиоморфную форму, насыщены многочисленными включениями. Всего было проанализировано 31

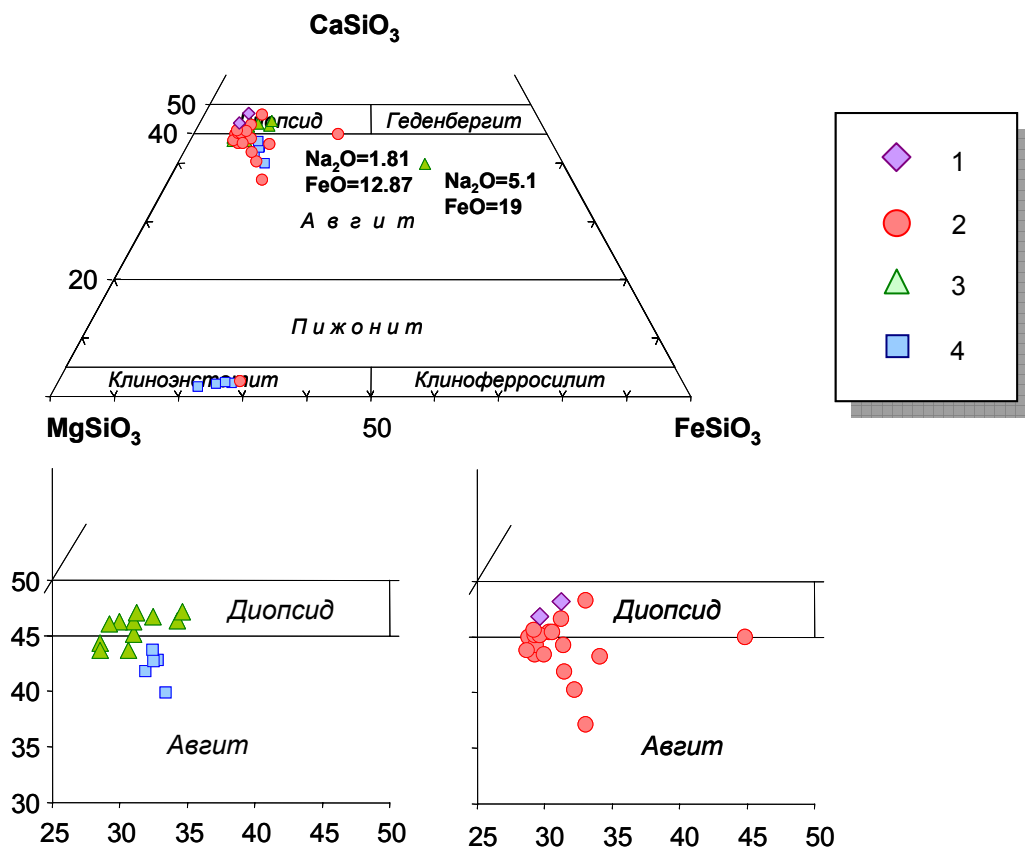


Рис. 3-10. Составы пироксенов пород даек чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива, вынесенные на классификационную диаграмму миналов ($\text{MgSiO}_3\text{-FeSiO}_3\text{-CaSiO}_3$) [Morimoto et al., 1988].

1 – из лампрофиров Акташского ареала; 2 – из лампрофиров Южно-Чуйского ареала; 3 – из лампрофиров Юстыдского ареала; 4 – из сиенитов Тархатинского массива.

зерно пироксена из 12 образцов лампрофиров и сиенитов. Результаты микронзондового анализа приведены в таблице 3-2. Вынесенные на классификационную диаграмму миналов ($\text{MgSiO}_3\text{-FeSiO}_3\text{-CaSiO}_3$) (рис. 3-10) пироксены не показывают сильных различий по составу. По содержанию Al_2O_3 пироксены варьируют в довольно широких пределах: от 0 до 3,5 мас.% в

лампрофирах Южно-чуйского ареала и от 1,4 до 3,2 мас.% для даек Юстыдского ареала. В основном клинопироксены соответствуют по составу диопсидам и диопсид-авгитам. В некоторых образцах наблюдаются парагенезисы с двумя: клино- и ортопироксенами в основной массе (Tar2, TM3).

В классической работе о лампрофирах Rock [1987, 1991] в качестве диагностического признака лампрофиров, в частности, как их отличие от андезитов, указывает недопустимость в парагенезисе ортопироксена. Однако в работе Немес [1993] приводятся доказательства возможности кристаллизации на ранних стадиях ортопироксена в парагенезисе с оливином.

В образцах с одним пироксеном, его состав соответствовал диопсиду. В двухпироксеновом парагенезисе моноклинный пироксен соответствует диопсид-авгиту, а ортопироксен – En70.

Сосуществование двух пироксенов позволяет оценить температуру кристаллизации пироксенов в соответствии с геотермометром [Никитина, Иванов, 1992] в образцах Tar2 (лампрофир из южно-чуйского ареала) и TM3 (Тархатинские сиениты). Оценочная температура кристаллизации пироксенов составила 895,6°C и 1185,0°C соответственно.

3.2.3. Полевые шпаты.

В лампрофирах полевые шпаты находятся в основной массе, тогда как в плутонических породах Тархатинского массива они, в зависимости от структуры породы, находятся во вкрапленниках в порфировидных разновидностях, и в основной массе. Составы полевых шпатов приведены в Таблице 3-3. В соответствии с номенклатурой полевых шпатов [Deer et al, 1992], точки составов нанесены на тройную диаграмму в координатах $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ - $\text{KAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ (рис. 3-11). Большинство образцов лампрофиров характеризуется бимодальным распределением составов полевых шпатов. Резко преобладающим полевым шпатом является обогащённый калием санидин ($\text{Ort} > 75$), с малым количеством альбита и редкими зёрнами Na-K полевого шпата.

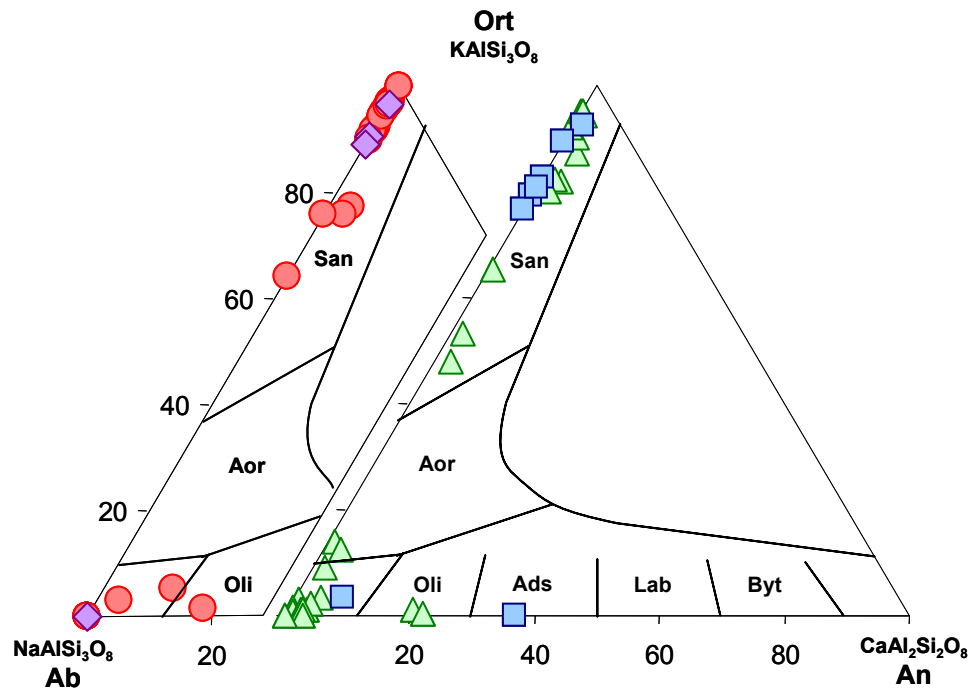


Рис. 3-11. Составы полевых шпатов пород даек чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива.

Обозначения как на рисунке 3-10.

Калинатровый полевой шпат является главным минералом, слагающим основную массу лампрофиров. Содержание калишпата в наиболее лейкократовых разностях достигает 60%. Щелочной полевой шпат практически везде обнаруживает признаки вторичного изменения - пелитизации. Выражено оно в красновато-коричневой окраске минерала, связанного, по-видимому, с замещением Al^{3+} на Fe^{2+} и последующем окислении до Fe^{3+} .

Существенное количество подобного изменённого полевого шпата в породах придаёт им при макроскопическом наблюдении красноватый оттенок. По форме выделения калинатровый полевой шпат представлен гипидиоморфными, но чаще аллотриаморфными зёрнами, или мелкозернистыми агрегатами. В глобулярных лампрофирах сферолиты калиевого полевого шпата являются структурообразующим (рис.3-1 г-и).

Плагноклаз в изученных дайках встречается крайне редко. В исследуемых породах был обнаружен альбит (рис.3-12), но либо в виде пертитовых вростков в калиевом полевом шпате, либо в оцелях, где он скорее всего является вторичным

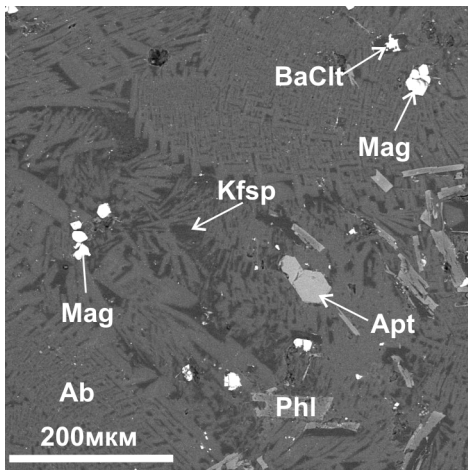


Рис. 3-12. Решётчатое строение пертитовых вростков альбита (более светлый) в К-Na полевом шпате (более тёмный), образованных при распаде твёрдых растворов. Ассоциирует с флогопитом, апатитом, баритоцелестином, магнетитом;

минералом. Плагииоклазы как главный породообразующий минерал описывался предыдущими исследователями в керсантитах из других ареалов. Предыдущими исследователями в минеттах отмечались единичные зёрна андезина и андезин-олигоклаза.

3.2.4. Хлорит.

В магматических породах хлорит является широко распространённым постмагматическим минералом, который образуется по первичным железомagneзиальным силикатным минералам или кристаллизуется в трещинах. По результатам исследования шлифов, хлоритизации в той или иной степени было подвержено большинство пород. Представительные анализы хлоритов из 10 образцов приведены в таблице 3-4, а точки составов нанесены на тройную диаграмму Mg-Al-Fe (рис. 3-13).

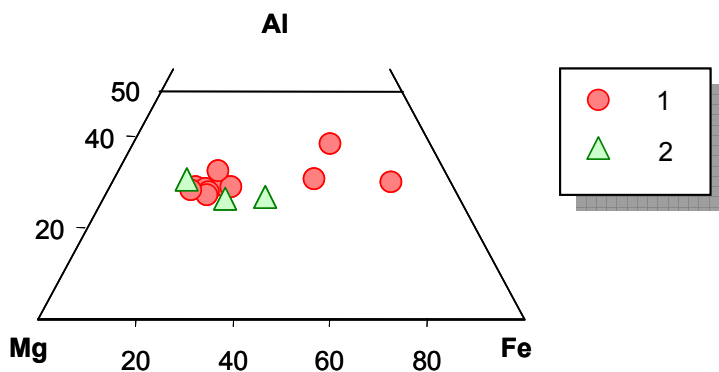


Рис. 3-13. Составы хлоритов из даек чуйского комплекса.

1 – из лампрофиров южно-чуйского ареала; 2 – из лампрофиров юстыдского ареала.

3.2.5. Кварц.

Кварц в породах является второстепенным породообразующим минералом. Его количество резко подчинённое и составляет менее 5 %. Как наиболее поздний

минерал, он занимает или интерстиционную позицию, выполняет прожилки, образует псевдоморфозы по другим минералам, или имеет ксеногенную природу, находясь в виде ксенокристов или составе ксенолитов кварцевых жил или гранитоидных пород.

3.2.6. *Apatit.*

Апатит является главным акцессорным минералом лампрофиров и сиенитов, составляя в некоторых образцах до 5 процентов породы. Апатит образует как правило идиоморфные кристаллы длинно-призматического до игольчатого габитуса. Многие зёрна имеют кавернозную, резорбированную, оплавленную поверхность. Это является ещё одним свидетельством незамкнутости системы и многоимпульсном поступлении расплава в трещину, где формировалась дайка. Непонятный вывод. Недостаточное обоснование.

По размеру в отдельных породах можно выделить несколько фракций апатитов, которые мы склонны рассматривать как две генерации. Самые крупные кристаллы достигают нескольких миллиметров и сопоставимы по размерам со вкрапленниками. Самые мелкие находятся в основной массе, а также в виде минеральных включений, встречающиеся во всех остальных минералах лампрофиров. Так как апатит является, по-видимому, одним из главных концентраторов несовместимых элементов в лампрофирах, был проведен анализ и сравнение их содержаний в апатитах, во-первых, из разных фракций (-0,1+0,05мм; -0,1+0,2мм; -0,2+0,5мм), и, во-вторых, из образцов, принадлежащих разным ареалам – юстыдскому и южно-чуйскому. При подготовке к анализу отбирались кристаллы без включений и с огранкой (для исключения попадания обломка от более крупного кристалла в меньшую размерную фракцию). Анализ проводился методом лазерной абляции на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой (LA ICP-MS). Всего методом лазерной абляции было проанализировано 7 зёрен из трёх образцов. Для стандартизации и получения количественного результата использовались содержания, полученные в результате микрозондовых

исследований (табл. 3-5, 3-6, 3-7). Два образца принадлежат дайкам южно-чуйского, а третий – лампрофиру юстыдского ареалов. Справедливым будет отметить, что выборка невелика и, возможно, не представительна. Однако анализ полученных данных, их сравнение с данными по другим геохимическим и минералогическим характеристикам пород позволяет сделать предварительные выводы.

Методом рентгеноспектрального анализа были измерены содержания CaO , FeO , SrO , BaO , MnO , P_2O_5 , F и Cl . В качестве эталона использовались фторапатит F-apatite-9sh и хлорапатит Cl-ap-9sh. Выборка объёмом 186 анализов показала, что существенные отличия в составе наблюдаются между апатитами из разных образцов по содержаниям FeO , SrO и Cl . Содержание F в апатитах исследуемых образцов варьирует от 1,5 до 4 мас.%, причём только для образца Auta1 точки составов занимают компактную область от 1,5 до 2,3 мас.%. Апатиты из разных фракций одного образца не обнаруживают каких-то значимых различий, исключая, разве что, величину дисперсии, увеличивающейся к более мелким зёрнам. Это может быть объяснено случайным попаданием обломков крупных кристаллов в более мелкую размерную фракцию. Точки составы апатитов дайки Юстыдского ареала характеризуются самыми высокими содержаниями Cl (0,2-0,7 вес.%), FeO (0,2-0,5 вес.%) и низким содержанием SrO (<0,5 вес.%) и образуют независимый кластер на всех графиках (рис. 3-14а). Области составов апатитов даек из Южно-чуйского ареала на всех графиках пересекаются в той или иной мере. При этом апатиты образца autal1 отличаются большей дисперсией по содержанию FeO , SrO , F . Составы апатитов всех исследуемых образцов характеризуются стабильно высоким содержанием F (1,5-4 вес.%), преобладающим над Cl . Соотношение F/Cl ,

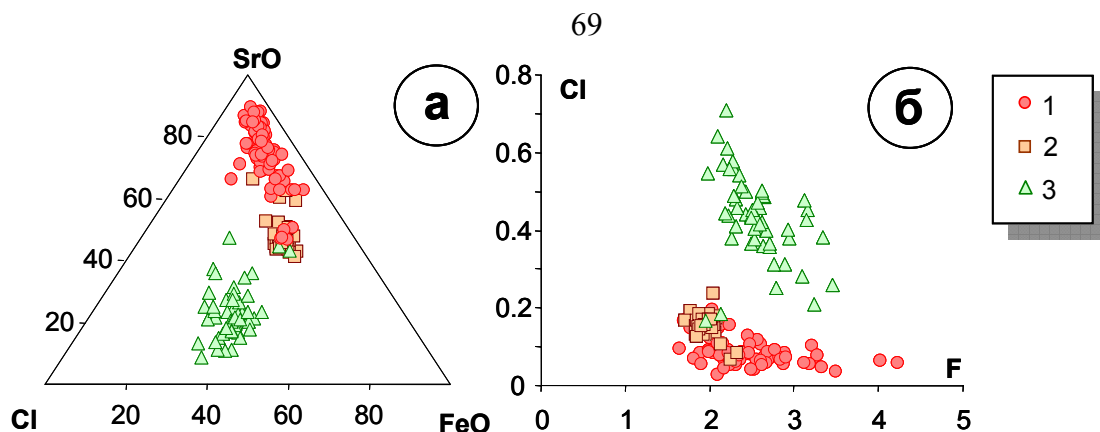


Рис. 3-14. Составы апатитов даек чуйского комплекса.

а – основные отличия между составами апатитов в координатах Cl-SrO-FeO; б – соотношение летучих в апатитах.

1 – обр. Auta1 (Южно-Чуйский ареал); 2 – обр. Dga2 (Южно-Чуйский ареал); 3 – обр. PB15 (Юстыдский ареал)

варьируется в пределах от 3,11 до 94,4. На графике F-Cl (рис. 3-14б) хорошо виден тренд с отрицательным наклоном для образцов Dga2 и PB15. Апатиты образца Auta1 характеризуются стабильно низкими содержаниями Cl.

Эти факты, во-первых, позволяют отнести, апатиты к фтористым разновидностям, а во-вторых, свидетельствует в пользу магматической природы апатита и единого источника породообразующего расплава. Несмотря на существенное содержание F и Cl (до 4,23 и 0,71 вес.% соответственно), сумма минералообразующих оксидов в среднем составляет 97 вес.%. Это может свидетельствовать о вкладе (ОН)- группы и характеризовать флюид как фтористый и, предположительно, водонасыщенный. Кроме того, в них методом сканирующей микроскопии были оценены содержания SO_3 в нескольких апатитах. Максимальных значений (1,77 вес.%) оно достигает в апатитах, принадлежащих дайке акташского ареала. В апатитах из пород даек других ареалов содержание SO_3 варьирует от 0 до 1 вес.%. На рисунке 3-15 представлены графики содержания редких (а) и редкоземельных (б) элементов в апатитах, нормированных на содержания в породах. Размерная фракция и название образца указаны в легенде.

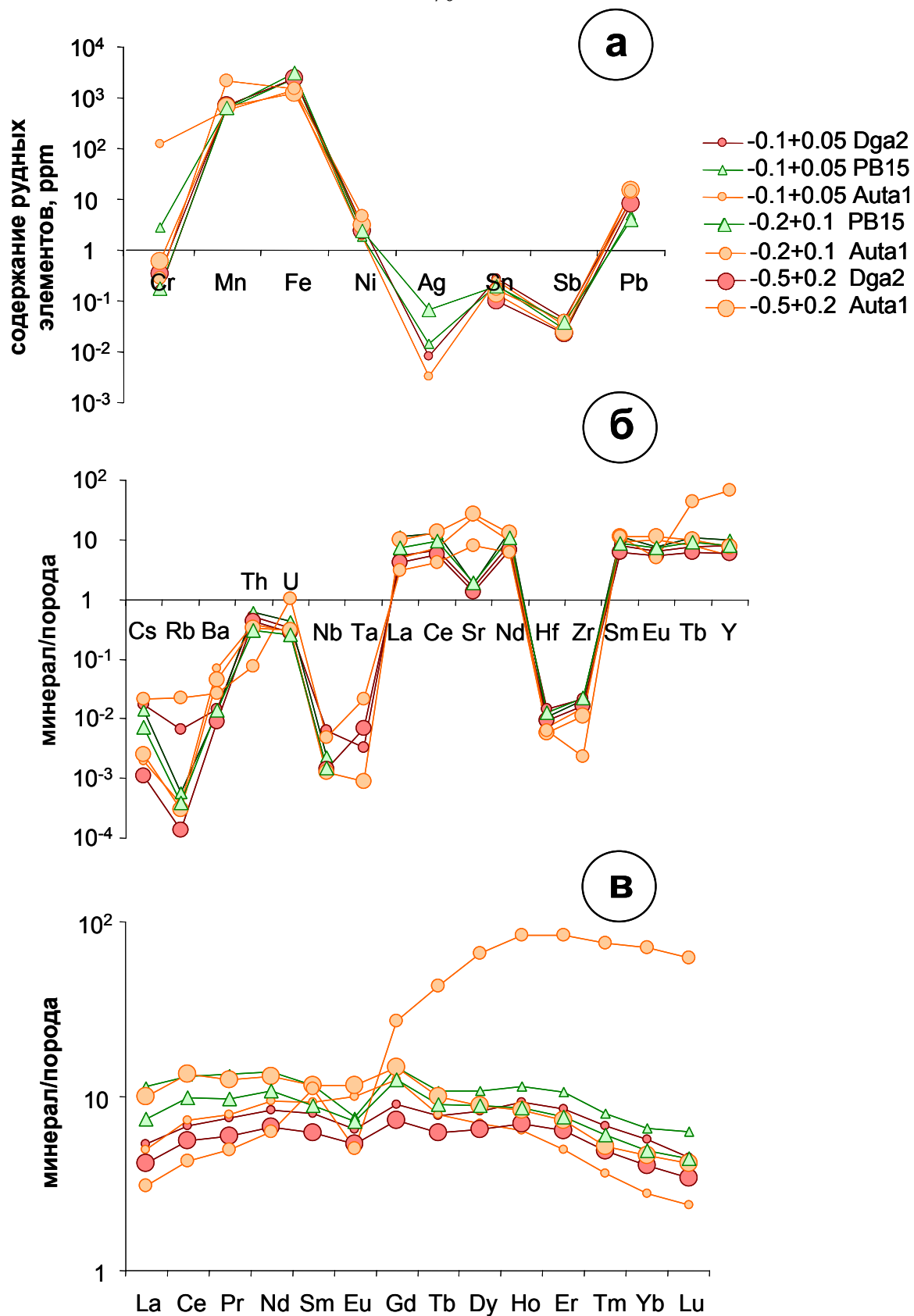


Рис. 3-15. Содержания второстепенных (а), редких (б), и редкоземельных элементов в апатитах, нормированные на содержания этих элементов в породе.

Из приведённых графиков следует, что апатит является концентратором редкоземельных элементов. Во всех исследуемых апатитах обнаружены примеси Mn и Fe, невысокие содержания Pb. Кроме того, в апатитах зафиксированы значимые содержания Ag, наибольшие содержания которого (0.014-0.066 ppm) отмечается для кристаллов из образца PB15 Юстыдского ареала, в пределах которого находится Ag-Sb месторождение.

Спектры содержаний редких и редкоземельных элементов для шести из семи апатитов, нормированных на содержания этих элементов в соответствующих породах, совпадают. Существенное отличие заметно только для стронция. Для образца Auta1 образуется положительная аномалии, а для остальных двух – отрицательная. Различия в содержании стронция можно объяснить различиями в порядке кристаллизации K-Na полевого шпата, Kd Sr которого по отношению к расплаву больше, чем у апатита [<http://earthref.org/KDD/>]. Таким образом, апатит, кристаллизуясь раньше полевого шпата, мог концентрировать стронций, что и сформировало положительную аномалию.

В результате исследований апатитов можно сделать вывод о его магматической природе, а также геохимической схожести расплавов, формирующих дайки. Доказательством является целый ряд фактов: 1) фтористая специализация апатитов, совпадающая со специализацией слюды – главного

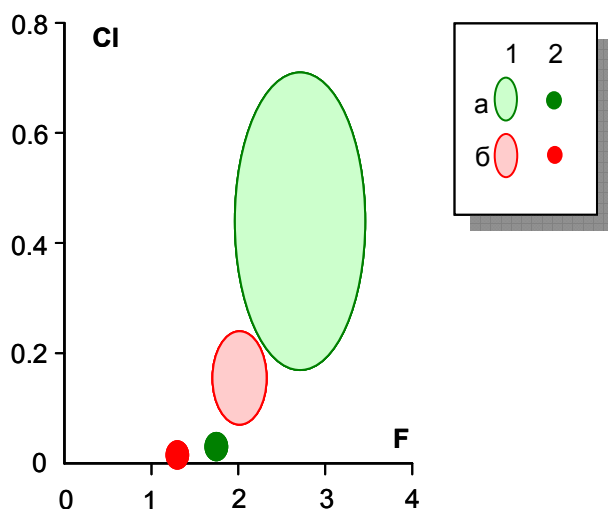


Рис. 3-16. Соответствие содержания летучих в слюдах и апатитах.

1 – области составов апатитов; 2 – составы слюд образцов:

а – PB15 (Юстыдский ареал); б – Dga2 (Южно-чуйский ареал)

породообразующего минерала лампрофиров; 2) близкие абсолютные содержания фтора (1,5-4 вес.%), редких и РЗЭ в апатитах всех исследуемых образцов свидетельствуют в пользу магматической природы апатита и геохимической схожести расплавов, формирующих дайки. По крайней мере, для двух образцов (Dga2 и PB15) лампрофиров содержание Cl и F в апатитах пропорционально содержанию в слюдах (рис. 3-16). Большая дисперсия составов апатитов образца Auta1 по FeO, SrO, F, а также аномалии на спектрах содержания редких земель могут быть свидетельством открытой системы, то есть обновления состава минералообразующей среды.

Особого внимания заслуживают выделенные различия в содержаниях минералообразующих компонентов в апатитах из даек разных ареалов, особенно заметно более высокие содержания SrO в апатитах даек Южно-Чуйского ареала.

3.2.7. Карбонаты.

Карбонат находится в породе в виде: 1) псевдоморфоз по первичным вкрапленникам; 2) новообразованных зёрен; 3) прожилков в расщепленных кристаллах флогопита; 4) ксеноморфных зёрен в основной массе, внутри оцеллей и в межглобулярном пространстве. В связи с размером зёрен измерить состав карбоната на микрозонде и сканирующем микроскопе было возможно лишь в отдельных зёрнах и псевдоморфозах по первично-магматическим вкрапленникам. Всего было сделано 42 анализа из 17 образцов. Составы приведены в таблицы 3-8.

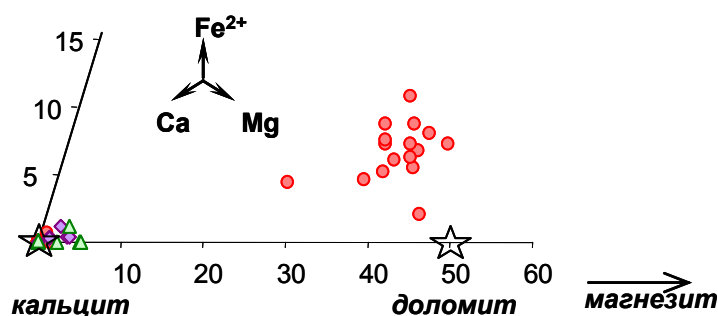


Рис. 3-17. Состав карбонатов в дайках чуйского комплекса. Обозначения как на рис.3-10.

Результаты анализов нанесены на тройную диаграмму в координатах Ca-Fe²⁺-Mg на рисунке 3-17. Большинство точек соответствуют практически чистым

кальцитам. Доломиты с небольшим содержанием анкеритового компонента были обнаружены только в дайках Южно-чуйского ареала в виде отдельных зёрен, слагающих псевдоморфозы, и заполняющие трещины во флогопитах. В оцеллях пород Юстыдского ареала карбонат является практически чистым кальцитом.

Характерно, что юстыдские лампрофиры более обогащены карбонатом, нежели южно-чуйские (см. рис.4-3), однако там большая его часть присутствует в скрытокристаллическом виде в основной массе и внутри оцеллей. В то же время в южно-чуйских лампрофирах карбонат образует крупные скопления: псевдоморфозы, агрегатные скопления в межглобулярном пространстве, отдельные зёрна, выделяющиеся на фоне мелкозернистой основной массы.

Редкие элементы, в частности Sr и Ba, в составе исследованных карбонатов, не обнаружены. Вместе с тем, в псевдоморфозах доломит чаще всего ассоциирует с апатитом, баритоцелестином, оксидами железа, иногда с кварцем (рис. 3-18)..

3.2.8. Оксиды.

Лампрофиры содержат существенное количество железосодержащих минералов, в том числе оксидов. Большинство даек южно-чуйского ареала имеют окраску от розоватой до буро-красной благодаря гематиту. Кроме того, были обнаружены ильменит, хромит, магнетит, гётит. Взаимоотношения ильменита, хромита и магнетита с породообразующими минералами показаны на рисунках в предыдущих разделах совместно с другими главными и второстепенными минералами (рис.). Результаты анализа составов оксидов приведены в таблице 3-8.

Хромит образует мелкие (до 25 мкм) зёрна внутри полных псевдоморфоз по первичным вкрапленникам. Ильменит, образуя зёрна до 100 мкм, находится в ассоциации с пироксеном, флогопитом лампрофирах (обр. Т26 – Южно-Чуйский ареал) и в сиенитах Тархатинского массива.

Магнетиты по содержанию титана делятся на две группы. Низкотитанистые ($\text{TiO}_2=0.5-1,3\text{вес.}\%$) характерны для даек центральной части Южно-Чуйского ареала, вблизи р. Тара Оюук, тогда как для сиенитов и для даек, находящихся

рядом с Тархатинским массивом, а также расположенных в бортах притоков р.Тархата (Дара, Джазатор), выше по течению, более характерен титаномагнетит с содержаниями TiO_2 от 2 до 6,5вес. %.

3.2.9. Сульфаты.

Целестинобарит $((Ba,Sr)SO_4)$ был впервые обнаружен в породах Южно-Чуйского ареала. В таблице 3-9 приведены результаты 13 анализов по 7 образцам. Структурно он находится в нескольких позициях:

1. Слагает светлоокрашенную кайму вокруг глобулей в глобулярных лампрофирах (рис. 3-1и,м).
2. Находится в интерстиционном агрегате между глобулями (рис. 3-1и, л).
3. Входит в состав агрегатных псевдоморфоз по первично-магматическим вкрапленникам (рис. 3-18а, в, г), выполняет открытые трещины спайности во флогопите.
4. Целестинобарит выполняет трещины во флогопите (рис.3-18б) и породе (рис. 3-18д).

Как правило, целестинобарит находится вместе с доломитом, магнетитом, в том числе высокотитанистым, апатитом. Подобная ассоциация и структурное положение в породе указывает на его позднемагматическую природу, а не результат вторичных, наложенных процессов.

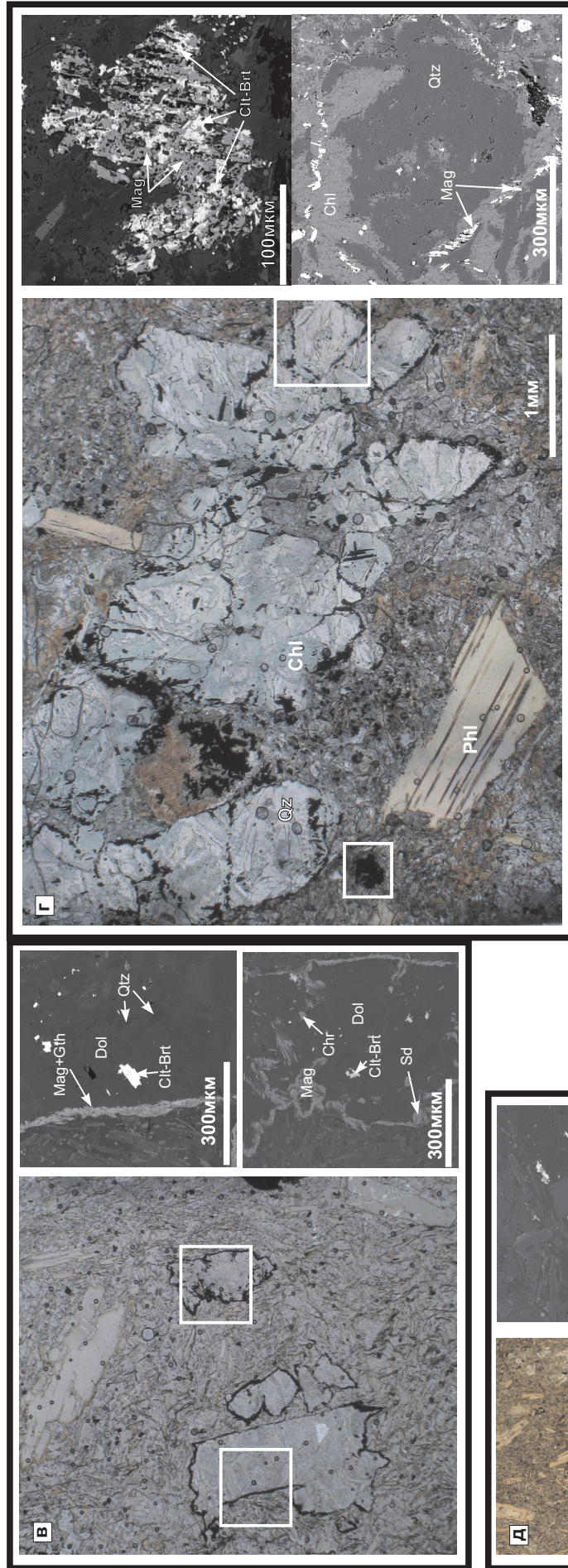
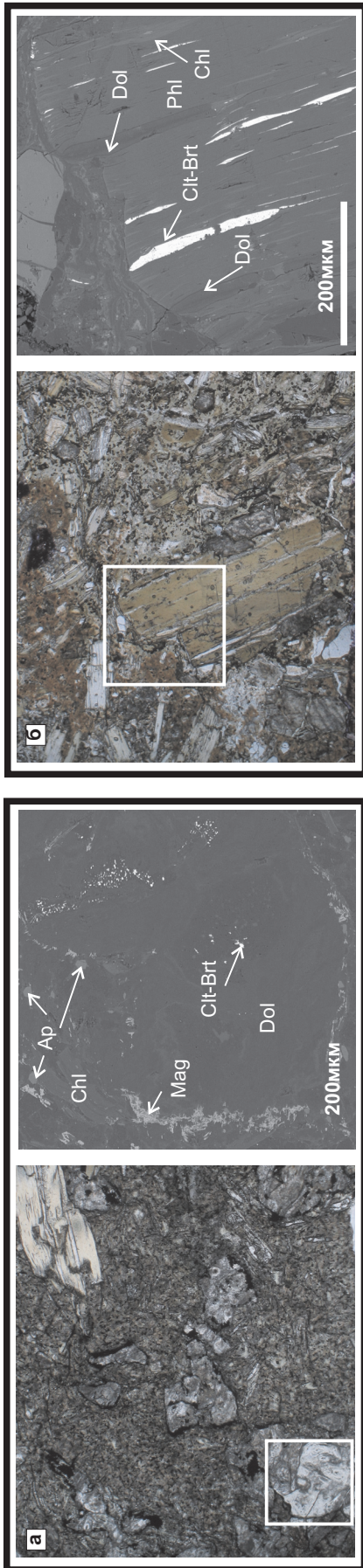


Рис. 3-18. Структурное положение карбонатов и целестинобарита в породах чуйского комплекса. а – псевдоморфоза доломита с зёрнами целестинобарита с магнетитовой каймой; б – трещины во флогопите, выполненные доломитом, целестинобарит; в – целестинобарит-кварц-доломитовая псевдоморфоза с рудной каймой; г – кварц-хлоритовая псевдоморфоза с рудной каймой с ассоциацией целестинобарита и магнетита; д – кварц-кальцитовая жила с целестинобаритом и апатитом, секущая лампрофир.

Глава 4. ПЕТРОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАМПРОФИРОВ ЧУЙСКОГО КОМПЛЕКСА И ПОРОД ТАРХАТИНСКОГО МАССИВА. ИЗОТОПНЫЕ ДАННЫЕ

В этой главе приведено описание петро- и геохимических характеристик лампрофиров Южно-Чуйского, Юстыдского и Акташского ареалов, а также связанных с ними сиенитов Тархатинского массива. Выделены закономерности и особенности, присущие изученным породам. В конце главы приведена сравнительная характеристика пород, исследованных в рамках данной работы, и лампрофиров других триасовых комплексов района Центрального Таймыра, провинции Лиуянь (Китай), Центрального Вьетнама.

4.1. Общие петрохимические характеристики.

Результаты РФА анализа лампрофиров и сиенитов представлены в таблице 4-1. Лампрофиры относятся к особому семейству горных пород и классифицируются исключительно по минералогическому признаку. [Петрографический кодекс, 2009]. Тем не менее, для характеристики состава пород применяются традиционные классификационные диаграммы.

Обычно для интрузивных магматических пород устанавливают порог валидности анализа на уровне 2-3 мас.% LOI (“Loss On Ignition” тождественно потерям при прокаливании). Для лампрофиров, априори считающихся породами с высокой флюидонасыщенностью, уровень максимального количества потерь при прокаливании увеличивается. Как правило, предельное количество LOI определяется конкретным исследователем на основании петрографических исследований и является варьируемой величиной. Как видно из построенных диаграмм, для изучаемых пород характерно довольно высокое количество потерь при прокаливании, достигающее в отдельных случаях 20 мас.%. Среди лампрофиров наименьшие значения ппп (<5.92%) имеют породы Юстыдского ареала. Среди пород Южно-Чуйского ареала минимальные значения имеют

сиениты Тархатинской интрузии, тогда как в лампрофирах это значение достигает 18%. В связи с этим возникает вопрос оценки «нормального» количества потерь при прокаливании. Для исследования данного вопроса были изучено поведение составов, обладающих повышенными потерями при прокаливании. Пороговое значение между «измененными и неизменёнными породами» - 10 мас.% - было выбрано произвольно. На рисунках 5-1 и 5-2 а-в более «изменённые» породы обозначены выколотыми кружками.

На приведённых ниже диаграммах составы пород Тархатинского массива и лампрофиров Юстыдского ареала образуют компактные поля, тогда как точки составов Южно-Чуйского ареала образуют тренды, свидетельствующие в пользу существования зависимости между потерями при прокаливании и содержаниями оксида магния, калия и кальция. Физически это связано с потерями

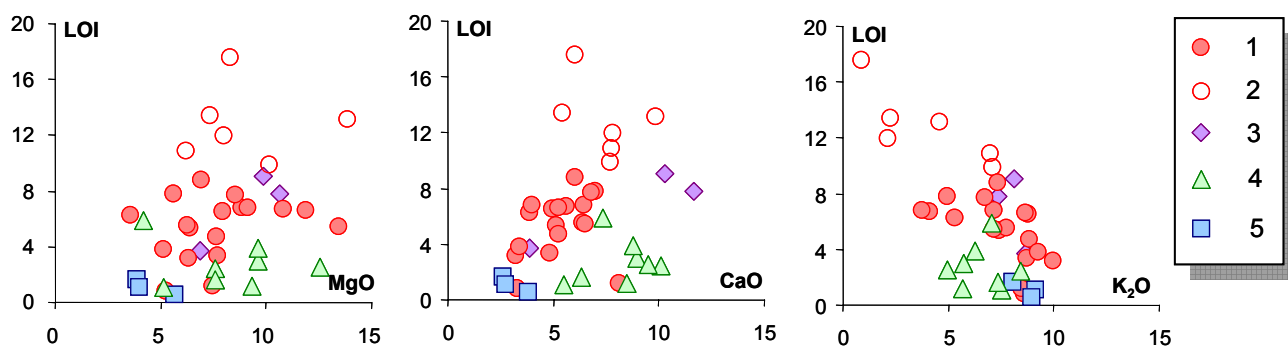


Рис. 4-1. Положение точек составов исследуемых пород на диаграммах «содержание порообразующего оксида vs LOI» (Loss On Ignition или потери при прокаливании).

1-4 лампрофиры (1 – Южно-Чуйского ареала, LOI<9); 2 – Южно-Чуйского ареала с LOI>9; 3 – Акташского ареала; 4 – Юстыдского ареала); 5 – породы Тархатинского массива.

кристаллизационной воды хлоритами, замещающими первичные железомagneзиальные слюды, и разложением кальцита в породе при подготовке проб к анализу согласно методике. Если считать, согласно петрографическим данным, что основной магнией содержащей фазой в лампрофирах является истонит, то первая диаграмма отражает содержание замещённой слюды в породе. Высокие потери при прокаливании на диаграмме LOI vs CaO в лампрофирах Южно-Чуйского и акташского ареалов отражает количество кальцита, что подтверждается петрографическими наблюдениями. В лампрофирах Юстыдского ареала высокое количество кальция при низких LOI очевидно связано с присутствием других

кальциевых фаз – пироксена, апатита. На третьей диаграмме низкие содержания оксида калия в лампрофирах Южно-Чуйского ареала мы объясняем выносом калия при гидротермальном пост- или позднемагматическом изменении пород.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что некоторые породы подвергались изменению с привносом (CaO в дайках южно-чуйского и акташского ареала) и выносом вещества (K_2O в дайках южно-чуйского ареала). Однако на графике в координатах $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ vs CaO составы не наблюдается зависимости, а значит гидротермальное изменение не всегда сопровождалось карбонатизацией, а высокие содержания CaO не всегда связаны с привносом вещества. Зачастую это характеристика первичного состава.

Для построения петрохимических диаграмм составы пород были пересчитаны на 100% без учёта потерь при прокаливании. Как видно из рисунка (рис.5-2а), содержание кремнезёма в породах меняется от 40 до 60%. Породы обладают довольно высоким суммарным содержанием щелочей - точки составов располагаются вдоль условной границы между умеренно-щелочными и щелочными породами (границы между рядами, отрядами и подотрядами пород нанесены согласно [Петрографическому кодексу, 2009]). По типу щёлочности породы при данных содержаниях кремнезёма относятся к калиевому типу (рис.5-2б). Исключение составляют три образца с повышенными содержаниями LOI. По содержанию K_2O ($>4\text{мас.}\%$) все исследуемые породы являются высококалиевыми (рис.5-2в). Отношение $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ варьирует от 2 до 45 для большинства образцов. Исключениями являются составы пород, имеющие высокое значение LOI (12-17,6%), что подразумевает высокую степень их изменения, спровоцировавшую вынос щелочей, и образцов Dga1 (LOI=6,7; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=1,48$), Auta1 (LOI=6,26; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=1,78$), T27/2 (LOI=11,99; $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=0,73$). Согласно критерию [Foley et al., 1987; $\text{MgO}>3\%$, $\text{K}_2\text{O}>3\%$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}>2$] остальные образцы классифицируются как ультракалиевые. На треугольнике, иллюстрирующем соотношение оксидов Ca, K, Na и Al – к нормальной серии пород с уклоном в плюмазитовую (рис.5-2д).

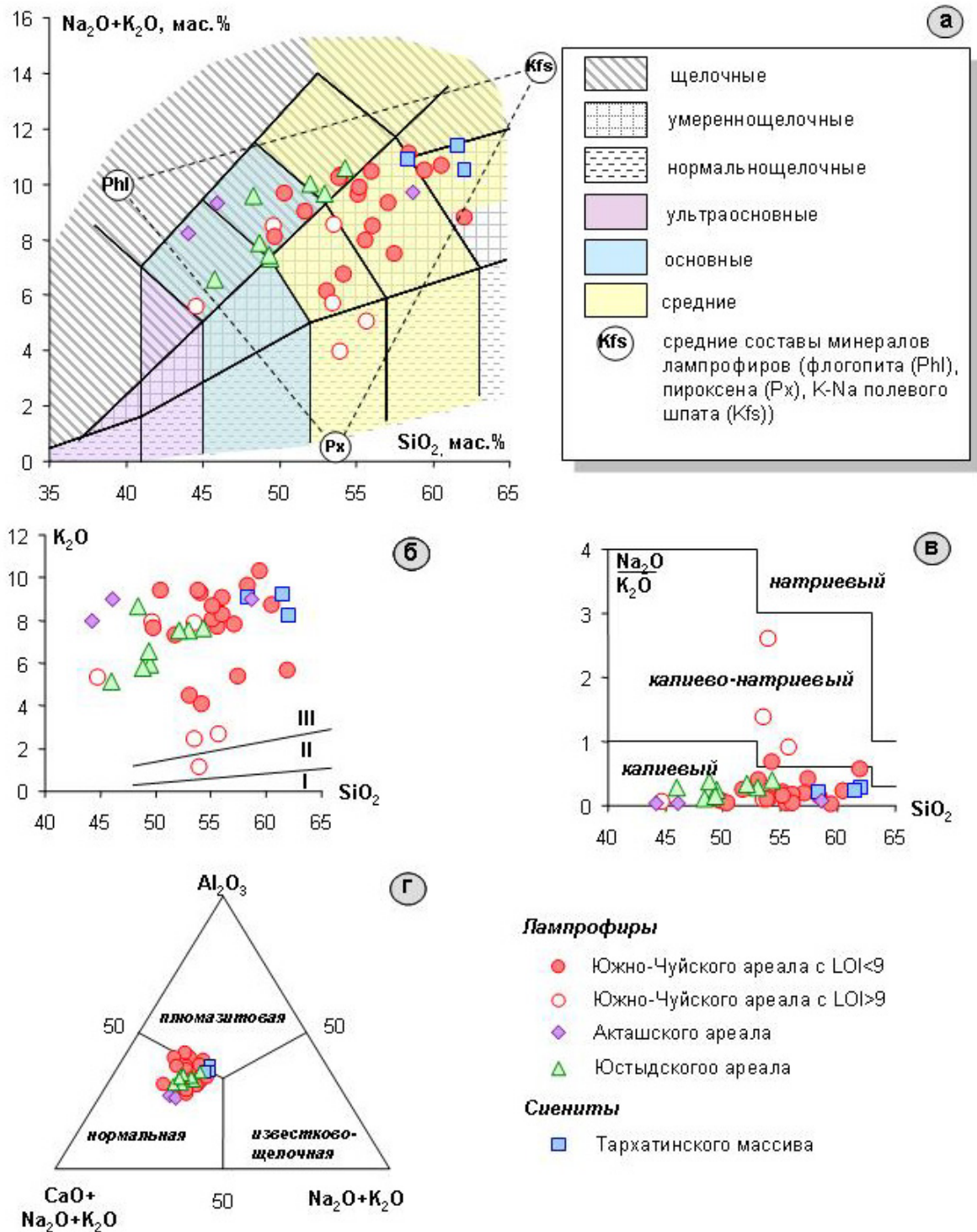


Рис. 4-2. Основные петрохимические диаграммы: (а) TAS, (б) K_2O vs SiO_2 (I-низкокалиевые; II-умереннокалиевые; III-высококалиевые породы), (в) Na_2O/K_2O vs SiO_2 , а также тройные диаграмм (г), классифицирующие принадлежность пород к той или иной серии или типу. Условные границы на диаграммах (а-в) нанесены согласно Петрографическому кодексу [2009]. На всех диаграммах содержания оксидов приведены в массовых процентах, пересчитанных на 100% без учёта потерь при прокаливании. На диаграмме (г) $FeO_{tot} = Fe_2O_3 \cdot 0.9$.

Как было сказано в главе «Петрография и минералогия», лампрофиры чуйского комплекса имеют схожий минеральный состав. Всё разнообразие в отношении химического состава формируется за счёт различных соотношений породообразующих минералов. На рисунке 5-2а крупными точками вынесены реальные составы минералов лампрофиров – пироксена, флогопита и К-Na полевого шпата. Составы всех исследуемых пород находятся внутри парагенетического треугольника, что свидетельствует в пользу этой гипотезы.

Имея существенный разброс по содержанию кремнезёма, составы породы были нанесены на бинарные диаграммы породообразующий оксид vs SiO_2 (рис. 5-3). Помимо авторских данных здесь же приводятся данные других авторов по саржематинскому, жумалинскому ареалам [Крупчатников, 2010] и тархатинскому массиву [Крупчатников, 2010, Изох и др., 1987]. Как видно из графиков, содержания большинства породообразующих оксидов коррелируют с содержанием кремнезёма. При этом количество CaO , MgO , Fe_2O_3 , MnO , и P_2O_5 уменьшается, а Al_2O_3 увеличивается с ростом SiO_2 , что показано на бинарных диаграммах (рис. 5-3). Составы пород Тархатинской интрузии находятся на окончании и плавно продолжают тренды, образованные составами лампрофиров. По сравнению с породами даек, они характеризуются самыми высокими содержаниями кремнезёма – 62-69%. Содержание TiO_2 составляет 1 - 2 вес. % и практически одинаково для всех изучаемых пород. Поля составов лампрофиров Южно-Чуйского, Акташского и Юстыдского ареалов перекрываются на всех харкеровских графиках. Причём поле составов лампрофиров Юстыдского ареала является более узким, чем для Южно-Чуйского ареала, и находится в области меньших значений SiO_2 (от 45 до 55 мас.%).

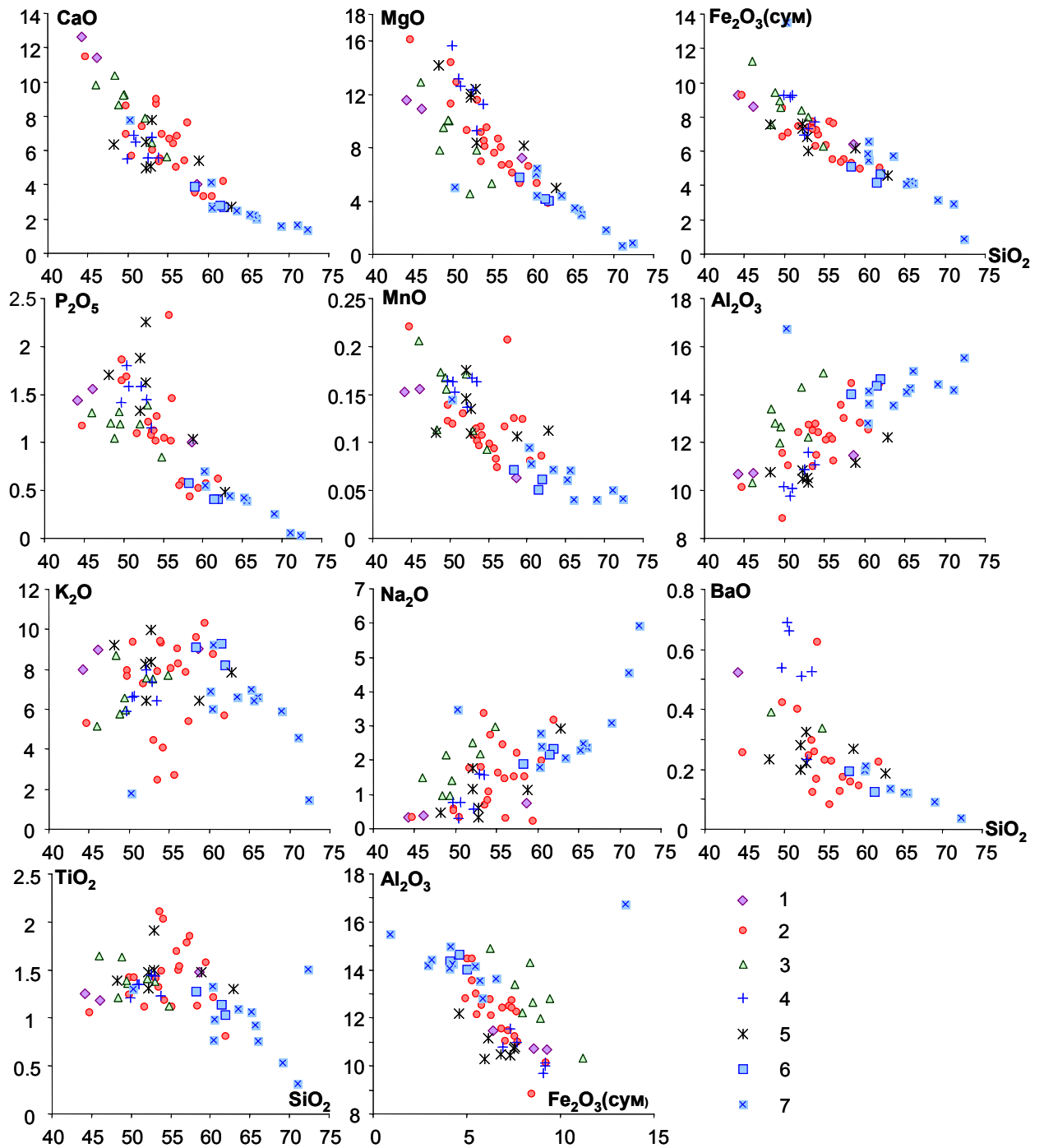


Рис. 4-3. Вариационные диаграммы для лампрофиров чуйского комплекса и пород Тархатинского массива.

1-5 лампрофиры (1 – Акташского ареала; 2 – Южно-Чуйского ареала; 3 – Юстыдского ареала; 4 – Саржематинского ареала [Крупчатников В.И., 2011]; 5 – Жумалинского ареала [Крупчатников В.И., 2011]); 6, 7 – породы Тархатинского массива (6 – данные автора; 7 – литературные данные [Изох и др., 1987; Крупчатников, 2010]).

Исключение составляет лишь диаграмма $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Fe}_2\text{O}_3$, на которой составы пород из различных ареалов образуют независимые кластеры. Это позволяет говорить о правомерности выделения локальных ареалов лампрофиров, основываясь не только на геологических, но и петрохимических признаках.

Петрохимические характеристики свидетельствуют, что лампрофиры и сиениты относятся по содержанию SiO_2 к основной и средней группам пород, по содержанию щелочей к умеренно-щелочному до щелочного ряду пород с калиевой спецификацией, обогащены магнием, фосфором, кальцием. На вариационных диаграммах видны небольшие различия между породами разных ареалов – лампрофиры Южно-Чуйского ареала сравнительно обеднены CaO , Fe_2O_3 , P_2O_5 относительно лампрофиров Юстыдского и Акташского ареалов, одновременно являясь более магнезиальными. Наибольшие вариации по составу пород наблюдаются среди даек Южно-Чуйского ареала.

4.2. Геохимические особенности.

Высокий магнезиальный номер изученных пород ($\#mg=60-80$), наличие в них вкрапленников флогопита и хромсодержащего пироксена и другие признаки указывают на мантийный источник этих пород, поэтому для построения графиков распределения редких и редкоземельных элементов абсолютные содержания нормировались на оценочные содержания этих элементов в примитивной мантии [по McDonough et al., 1991]. Графики распределения содержаний редких и редкоземельных элементов в исследуемых породах приведены на рисунке 4-4.

Разница в абсолютных содержаниях одних и тех же редких и редкоземельных элементов в различных дайках Южно-Чуйского ареала достигает пятикратного размера. В этот диапазон попадают содержания редких и TR-элементов в лампрофирах других Юстыдского и Акташского ареалов и сиенитов Тархатинского массива. Также совпадает форма графиков, наклон и положение основных аномалий. На мультиэлементных диаграммах выделяются следующие характерные особенности: 1) деплетирование HFS элементами (Nb, Ta, Hf, Zr, Ti);

2) для большинства пород присутствует отрицательная стронциевая аномалия. Графики содержаний РЗЭ характеризуются: 1) высоким La/Yb отношением (18-50); 2) высоким Gd/Yb отношением (3,9-9,7), что свидетельствует об обогащении LREE и деплетировании HREE; 3) отсутствием европиевой аномалии.

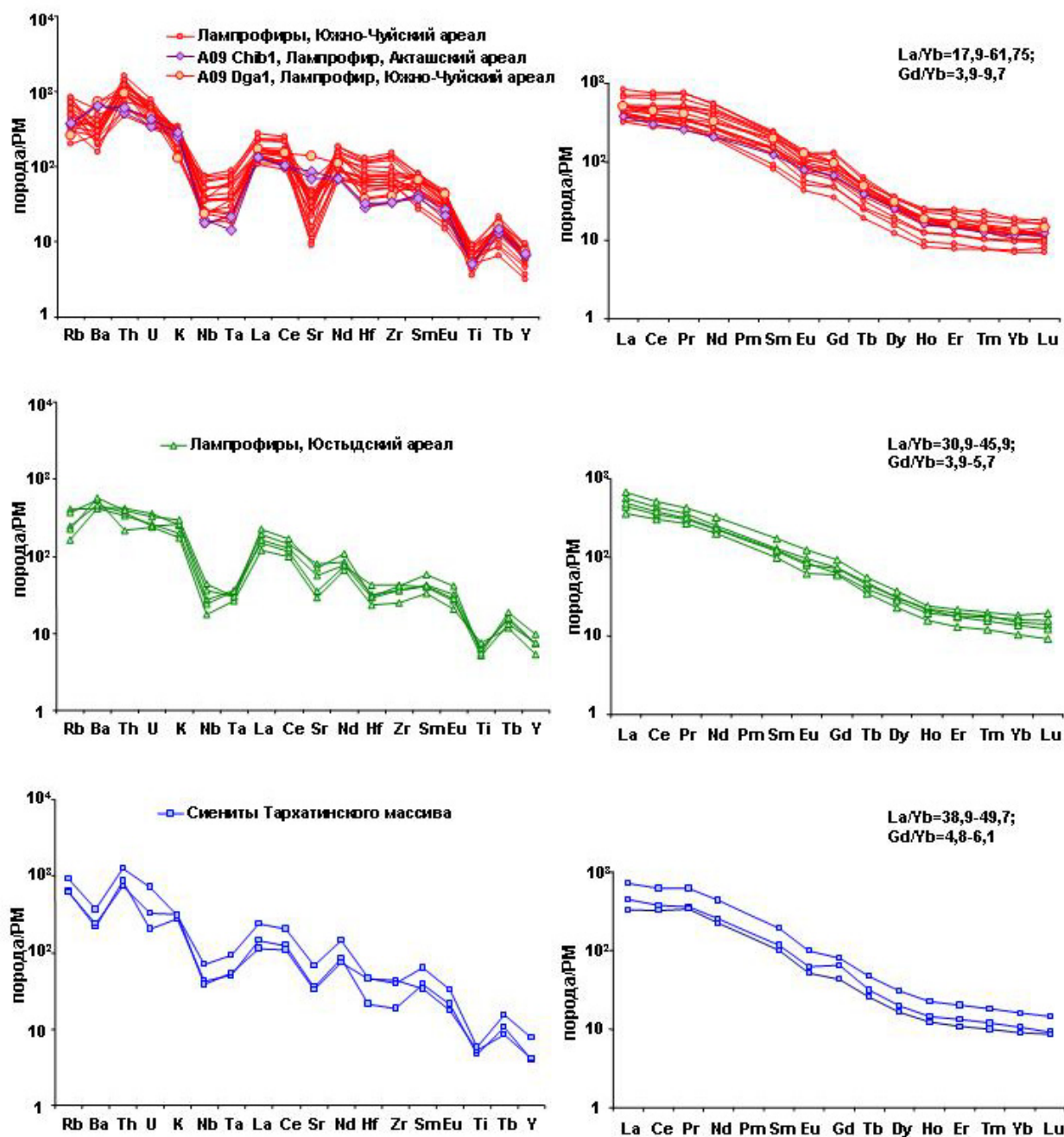


Рис. 4-4. Мультиэлементные и редкоземельные спектры для лампрофиров чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива. Содержания нормированы на PM [McDonough et al., 1991].

Отрицательные аномалии по HFS элементам являются свидетельством выплавления материнского расплава в водных условиях. Повышенная калиевоность пород, высокие содержания первичного карбоната и высокий магнезиальный номер – все эти признаки подтверждают

Кроме геохимического сходства, выделяются некоторые особенности, присущие породам разных ареалов. Породы Южно-Чуйского ареала, как и на петрохимических диаграммах, имеют больший разброс содержаний. Как было сказано выше, стронциевый минимум присутствует на нормированных на РМ графиках для большинства образцов. Однако лучше всего он выражен для лампрофиров Южно-Чуйского ареала, кроме образца Dga1, выделенного на графике, для которого, как и для двух образцов Акташского ареала, он отсутствует. Минимум по Ba характерен только для пород, находящихся в Южно-Чуйском ареале – лампрофиров и сиенитов. Отрицательная стронциевая аномалия, как видно из графиков, характерна не для всех пород, а значит не может трактоваться как характеристика источника расплавов. Учитывая склонность расплава к ликвации, подобная аномалия может свидетельствовать об эффективном отделении карбонатной жидкости от расплава на одном из этапов его эволюции. Традиционно подобные характеристики свидетельствуют об образовании породообразующих расплавов при низких степенях плавления гранат содержащего мантийного источника (Zhang et al., 2008; Miller et al., 1999; Placid, 2011 и др.) без фракционирования плагиоклаза.

4.3. Сравнительный геохимический анализ исследуемых пород и других раннемезозойских лампрофировых комплексов Азии.

Ареалы раннемезозойских лампрофиров проявлены и в других районах Евразии: на северо-западе, в центральной и южной частях Китая, на Тянь-Шане, во Вьетнаме и др. На Таймыре Романовым А.П. [Романов, 2002] был выделен ареал лампроитовых и кимберлитовых даек и трубок взрыва. Большинство из них располагается на Западном Таймыре, отдельные дайки – в Центральном.

Лампроитовые дайки по описанию Романова являются субвертикальными и имеют преимущественно северо-западного простирание и приурочены к зонам глубинных разломных зон также северо-западного простирания. Такие зоны протягиваются на 150-400 км при ширине 25-80 км. Контакты лампроитов с вмещающими породами ровные, реже – волнистые, в краевых частях наблюдаются ксенолиты. Возраст лампроитов определенный K-Ar и Rb-Sr методами отвечает интервалу 230-225 млн лет и не противоречит геологическим данным.

Лиуяньский ареал (Бейшань, СЗ Китая, обл. Гансу) располагается в Центральном-Азиатском складчатом поясе. Лампрофировые дайки прорывают нижнепермские отложения являются завершающим этапом магматических событий, связанных с рифтингом, после габбро и ультраосновных интрузий. K-Ar и Ar-Ar датирование слюд лампрофиров указывает на период их формирования от 240 млн лет до 220 млн лет [Liu. et al., 2006].

Другая крупная провинция лампрофиров находится на юге Центрального Вьетнама [Tran Trong Hoa et al., 2007]. Лампрофировые дайки находятся в разломной зоне вблизи Tam Ky-Phuoc Son Suture. Дайки рвут породы не моложе триасовых. Изотопные Ar-Ar исследования лампрофиров позволяют выделить две стадии их образования 240-246 и 228 млн лет.

Все рассмотренные проявления лампрофирового магматизма имеют близкие возраста и находятся в крупных разломных зонах. Простирание даек, а также характер их распределения и приуроченность к долгоживущим разломам подтверждает связь тектонических движений и времени внедрения даек. Вместе с тем все они проявлены во внутриплитных обстановках и оторваны от основных тектонических событий, таких как рифтинг, плюмовый магматизм или коллизия.

Лампроиты Таймыра [Романов, 2002] являются пофировидными породами с флогопитом, оливином, моноклинным пироксеном и лейцитом во вкрапленниках. Основная масса состоит из ортоклаза, лейцита, флогопита, пироксена и амфибола; иногда витрифицирована. Во вторичных минералах отмечаются хлорит, тальк,

серпентин, карбонаты, цеолиты, кварц и др. Преобладающие акцессорные минералы – хромшпинелиды и апатит. Также отмечаются магнетит, ильменит, перовскит, циркон, рутил, корунд.

Слюды лампроитовых даек относятся к группе низкотитанистых флогопитов-истонитов ($\text{Al}_2\text{O}_3=9-14$ мас.%; $\text{TiO}_2=0.92-1.38$ мас.%), с умеренным содержанием хрома ($\text{Cr}_2\text{O}_3<0.59$ мас.%) и повышенным содержанием F (до 1,51%). Флогопиты трубок взрыва дают более широкие вариации составов, образуя отдельные кластеры по содержанию титана (0,83-0,8 мас.% и 2,28-2,45 мас.%), хрома (1,13-1,14 мас.% и 0,06 мас.%), FeO (2,99-2,95 мас.% и 9,78-10,02 мас.%).

Все лампрофиры ареала Лиуянь относятся к классу слюдяных. Флогопиты лампрофиров в соответствии с классификационной диаграммой принадлежат группе истонитов с высоким содержанием F. По содержанию TiO_2 выделяются 2 группы низко и высокотитанистых флогопитов (<0.05 мас.% и 1.6-2.5 мас.% соответственно).

На бинарных диаграммах составы лампрофиров других ареалов Восточной Азии находятся или в поле составов пород Чуйского комплекса, или на продолжении корреляционных трендов, что хорошо видно на диаграммах с Al_2O_3 , CaO, Fe_2O_3 , MgO, P_2O_5 (рис. 5-5). Лампрофиры являются высокомагнезиальными породами ($\# \text{Mg}=40-60\%$). Раннемезозойские лампрофиры Восточной Азии являются калиевыми или ультра калиевыми породами: у лампрофиров провинции Лиуян, Гансу (СЗ Китай) и Таймыра содержание калия превышает содержание Na не менее чем в пять раз. Сопоставление геохимических графиков пород Чуйского комплекса и лампрофиров других ареалов Восточной Азии представлено на рисунке 4-6. Все лампрофиры характеризуются резким превышением LREE над HREE, обогащением U, Th, отчетливыми минимумами по HFSE (Nb, Ta; Ti, кроме

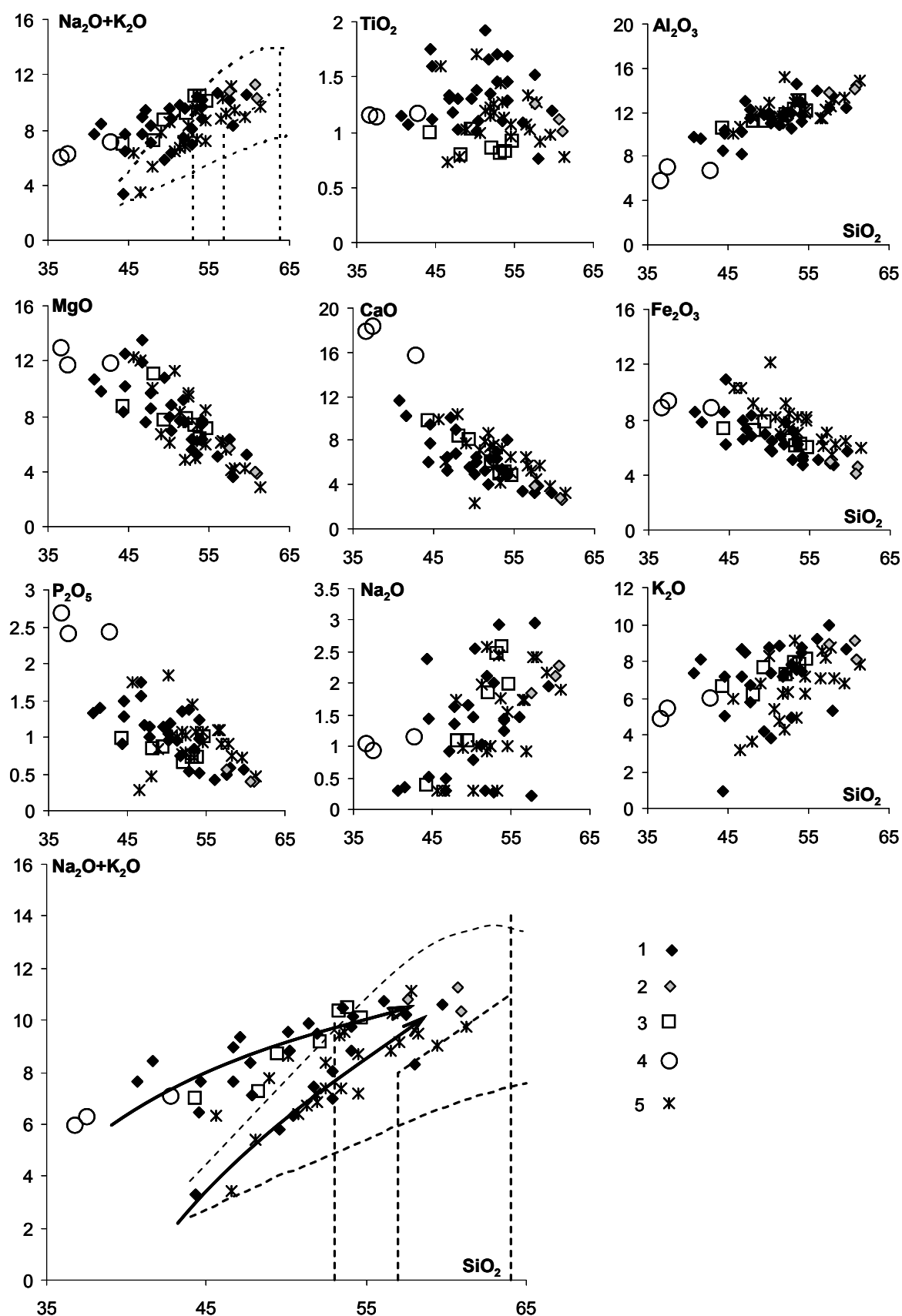


Рис. 4-5. Вариационные диаграммы для лампрофиров Чуйского комплекса (1), сиенитов Тархатинского массива (2), лампроитов Таймыра [Романов, 2002] (3), лампрофиров ареала Лиуянь, Китай [Liu. et al., 2006 (4) и Центрального Вьетнама [Tran et al., 2007 (5) .

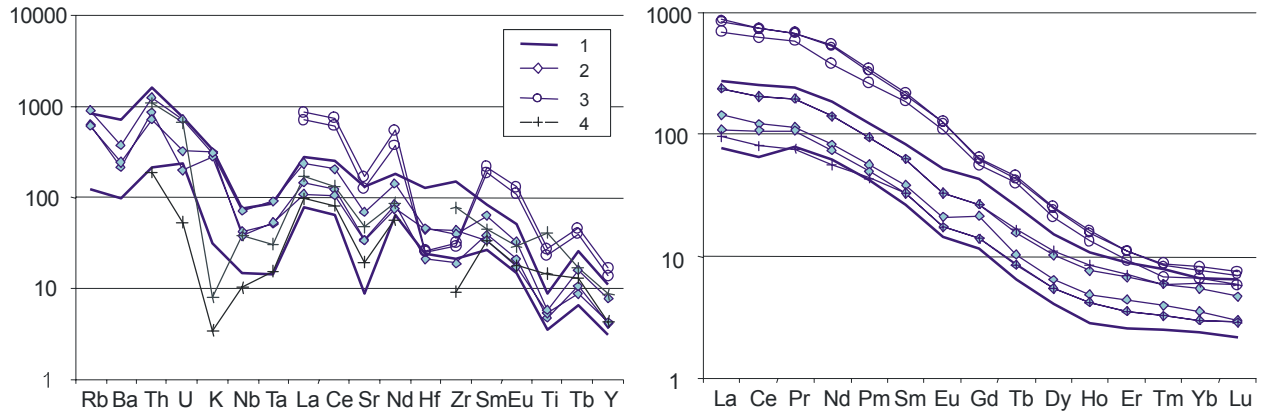


Рис. 4-6. Поля содержаний редких (а) и редкоземельных (б) элементов для пород: 1 – лампрофиров Чуйского комплекса; 2 – сиенитов Тархатинского массива; 3 – лампрофиров ареала Лиуянь (Китай) [Liu C. et al., 2006], 4 – Центрального Вьетнама [Tran Trong Hoa . et al., 2007]. Содержания нормированы на РМ [McDonough et al., 1991].

лампрофиров Вьетнама), слабо проявленной Eu аномалией. Кроме того, на всех графиках явно выделяется минимум по Sr. По сравнению с другими породами, лампрофиров Лиуяньского ареала обладают повышенными содержаниями редких и редкоземельных элементов. Графики для лампрофиров других регионов совпадают не только по форме, но и по абсолютным значениям содержания редких элементов.

Таким образом, принимая во внимание все вышесказанное, и основываясь на сходстве геохимических черт, можно говорить о выделенных геохимических особенностях пород, как о характерных для слюдяных лампрофиров внутриплитных обстановок в целом.

4.4. Изотопный состав пород (Nd, Sr).

Результаты изотопных определений содержаний и изотопных отношений Nd и Sr представлены в таблице 4-2. Измерения проведены в ИГГД РАН (Санкт-Петербург), аналитики В.П. Ковач, Н.Ю. Загорская. Методика измерений описана во введении.

Из 12 проанализированных образцов 9 были отобраны из разных лампрофировых даек указанных в таблице ареалов. Образцы ПБ-1, ПБ-2 взяты из разных частей сложной дайки, то есть являются двумя фазами внедрения в одну трещину. Образец ТМЗ представляет сиениты Тархатинского массива.

Данные были пересчитаны по формуле:

$$(D/S)_{\text{нач}} = (D_{\text{рад}}/S)_{\text{изм}} - (P/S)_{\text{изм}}(e^{\lambda t} - 1),$$

Таблица 4-2. Sm-Nd изотопные данные (пересчитаны на 235 млн лет)

Ареал	Образец	Порода	Sm	Nd	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	Err
Акташский	Chib-4	Лампрофир	16.35	85.50	0.115552	0.512480	4
Южно-Чуйский	Dar 6	Лампрофир	19.79	104.56	0.114422	0.512366	6
	T-12		17.08	114.17	0.090440	0.512307	4
	T-5		16.22	111.90	0.087574	0.512262	3
	ДЖА-1		28.16	148.89	0.114295	0.512313	2
	ТМ-3		14.72	98.33	0.090461	0.512306	2
	Сиенит						
Юстыдский	АСХ	Лампрофир	2.35	18.52	0.076640	0.512479	3
	ПБ-1	Лампрофир	16.61	96.88	0.103599	0.512514	3
	ПБ-2		22.98	133.56	0.103997	0.512570	3
	OZ-1		17.61	99.36	0.107110	0.512442	7
	OZ-2		19.16	113.03	0.102459	0.512455	7
	Sai		15.78	90.61	0.105292	0.512491	6

Таблица 4-3. Rb-Sr изотопные данные.

Ареал	Образец	Порода	Rb	Sr	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	Err
Южно-Чуйский	T-5	Лампрофир	367.90	202.38	5.268913	0.726912	4
	ДЖА-1	Лампрофир	157.47	2871.13	0.158727	0.711661	5
	ТМ-3		345.44	878.33	1.138335	0.712683	5
Юстыдский	АСХ	Лампрофир	342.64	120.33	8.257870	0.732690	3
	ПБ-1	Лампрофир	149.27	1170.36	0.368947	0.706934	4
	ПБ-2		132.78	1400.66	0.274204	0.706213	5

Где D, P и S – содержания дочернего, материнского и стабильного изотопов соответственно; индексы «изм» и «нач» обозначают отношения на момент измерения по прошествии времени t, индекс «рад» указывает на радиогенную составляющую. Константы распада, используемые для вычислений, взяты из [Steiger, Joger, 1977]. Первичные значения отношений изотопов Sr и Nd, а также ϵNd были пересчитаны на 235 млн лет, как верхний предел определений возраста изучаемых пород в соответствии с нашими данными и оценками возраста, приведёнными другими исследователями. Кроме того, данные были пересчитаны и на 250 млн лет – возможный нижний возрастной предел изученных пород.

Полученные «первичные» значения для возраста 235 млн лет нанесены на график в координатах $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - ϵNd (рис. 4-7). Для сравнения на этот же график нанесены определения других авторов [Крупчатников, 2010], соответствующие лампроитам чуйского комплекса и одна – соответствующая сиенитам Тархатинского массива. Эти данные были пересчитаны также на возраст 235 млн лет.

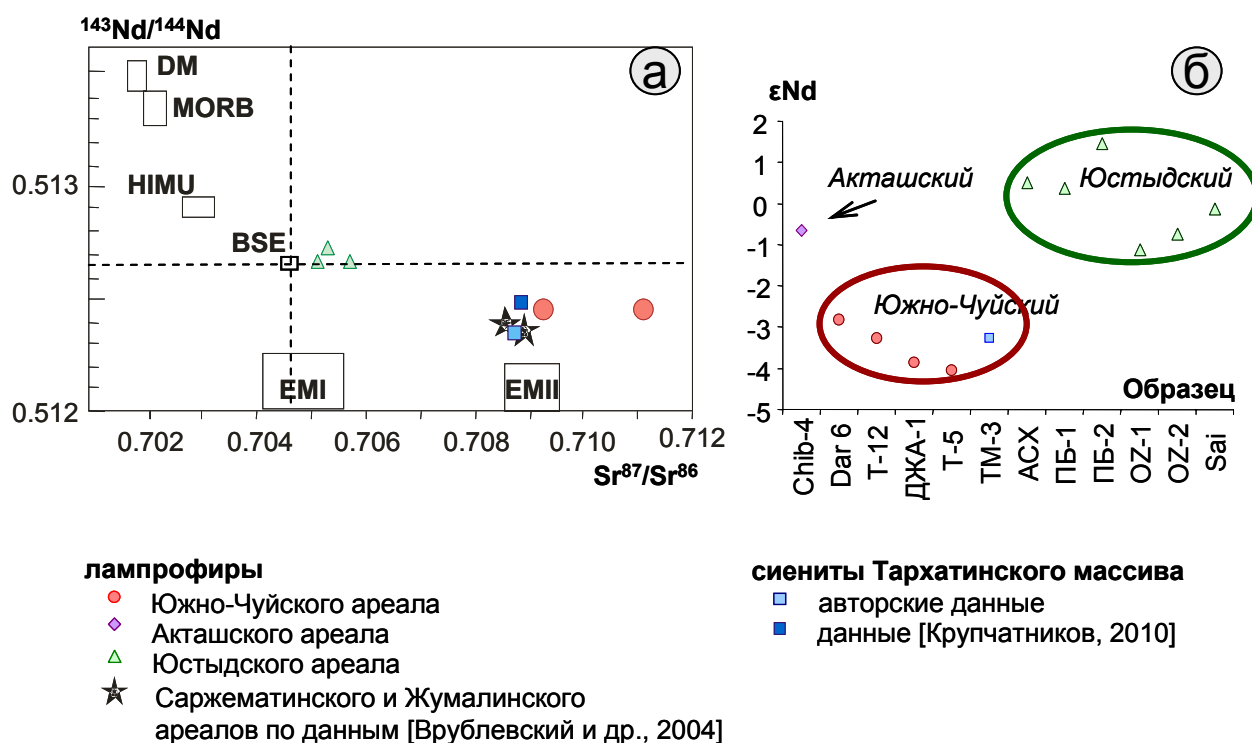


Рис. 4-7. Изотопные характеристики лампрофиров и лампроитов чуйского комплекса, а также пород Тархатинского массива. (а) – в координатах изотопных отношений Nd и Sr; (б) – сравнение значений ϵNd для пород из разных ареалов чуйского комплекса.

Точки, характеризующие породы из разных ареалов, различаются по обоим сравниваемым параметрам, образуя на диаграмме независимые кластеры. Изотопные характеристики лампрофиров Юстыдского ареала близки характеристикам BSE: значения ϵNd близкие к нулю, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ варьирует от 0,7051 до 0,7057 (рис.4-8). Дополнительные исследования Sm-Nd системы ещё 6 образцов подтвердили и дополнили характеристику пород комплекса. Для выборки из 19 образцов сохраняется существование двух диапазонов значений ϵNd для пород из разных ареалов: 1) $-4,1 \div -1,1$ для пород Южно-Чуйского ареала и 2) $-1,1 \div 1,5$ для пород Юстыдского ареала. В последнюю область значений попадает и один результат анализа лампрофира из Акташского ареала. Полученное значение ϵNd для сиенитов Тархатинского массива ($-3,3$) попадает в поле значений, характерных для лампрофиров Южно-Чуйского ареала. Точки, характеризующие изотопный состав Nd в лампрофирах акташского ареала, находятся в промежутке между полями пород Юстыдского и Южно-Чуйского

Значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношения для пород Юстыдского ареала находится в интервале (0,70509-0,70570) и существенно отличается от более высоких значений

(0,70858-0,71113) для пород Южно-Чуйского ареала, а также лампроитов жумалинского и саржематинского ареала чуйского комплекса. Значения для лампроитов взяты из публикаций предыдущих исследователей [Крупчатников, 2010]. Положение этих ареалов лампроитов и их соотношение с главными структурными элементами региона и другими ареалами распространения лампрофиров чуйского комплекса обозначено на приведённой схеме (рис.2-2).

Наложение полученной диаграммы на схему с обозначением областей, соответствующих мантийным геохимическим резервуарам [Рундквист Д.В. и др., 2000] и другим важным типам пород показало, что породы Юстыдского ареала близки к составу BSE, а породы Южно-Чуйского ареала смещены в сторону условного источника ЕМII. Сравнение изотопных данных с уровнем ϵNd континентальной коры в алтае-монгольском террейне, варьирующем от -5 до -7,5 (Kruk et al., 2011 и др.), подтверждает мантийное происхождение лампрофиров и сиенитов. С другой стороны, смещение параметров в сторону отрицательных ϵNd и более высоких, чем для BSE значений $^{87}Sr/^{86}Sr$ отношений свидетельствует о влиянии корового субстрата на состав магмы, формировавшей лампрофиры Южно-Чуйского ареала и сопутствующие сиениты.

В результате исследований изотопных Sm-Nd и Rb-Sr систем можно сделать следующие выводы:

1. Принимая во внимание схожесть петрохимического, геохимического и минерального состава пород, а также географическую и временную близость лампрофиров Южно-Чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива, схожесть изотопных характеристик подтверждает когенетичность плутонических пород и пород даек.

2. Породы Южно-Чуйского и Юстыдского ареалов имеют устойчивое разделение по изотопным характеристикам. Лампрофиры Юстыдского ареала имеют состав, приближенный к BSE, тогда как породы Южно-Чуйского ареала - как лампрофиры, так и сиениты - обладают существенно более высокими значениями $^{87}Sr/^{86}Sr$ и отрицательными значениями ϵNd .

3. Установленные значения изотопных отношений указывают на однозначное мантийное происхождение пород. С другой стороны, смещение параметров в

сторону отрицательных ϵNd и более высоких, чем для BSE значений $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ отношений свидетельствует о влиянии корового субстрата на состав магмы, формирующей лампрофиры и сопутствующие сиениты. Учитывая высокий магнезиальность пород одновременно с высокими содержаниями K_2O и CaO , подобный сдвиг может быть результатом образования материнских расплавов за счёт плавления метасоматизированной мантии. (Zhang et al., 2008; Miller et al., 1999; Placid, 2011 и др.).

Глава 5. ТЕРМОБАРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПЛАВНЫХ И ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В МИНЕРАЛАХ ПОРОД ЧУЙСКОГО КОМПЛЕКСА

Одним из важных научных направлений в решении проблем магмо- и рудообразования являются термобарогеохимические исследования расплавных и флюидных включений в минералах магматических пород и связанных с ними рудно-метасоматических образований. Широкое внедрение в практику термобарогеохимических исследований современных инструментальных методов анализа: LA-ICP-MS, ионный и протонный микрозонды, сканирующая электронная микроскопия, ИК- и КР-спектроскопия и другие, позволили получить в последние годы новые, уникальные данные об условиях генерации различных типов магматических расплавов и формировании соответствующих магматических комплексов, а также условиях генерации, составе и металлоносности магматогенных флюидов, отделявшихся на разных стадиях кристаллизации гранитоидных, базитовых и щелочно-базитовых расплавов. Обзор и анализ этих данных содержится во многих отечественных и зарубежных публикациях.

Важные результаты таких исследований расплавных и флюидных включений в минералах магматических пород щелочно-ультрабазитовых и щелочно-базитовых комплексов и связанных с ними рудно-метасоматических образований, описаны во многих работах отечественных и зарубежных авторов (Наумов и др., 1995, 2008; Heinrich et al., 1999; Ulrich et al., 1999; Rusk et al., 2004; William-Jones, Борисенко и др., 2006, 2011, 2012а, б и др., Ballhaus, Stumpfl, 1986; Zhitova et al., 2006; Hanley et al., 2005а; Рейф, Ишков, 2003, Reif, 2004, Андреева, 2008; Panina, 2005; Панина, Моторина, 2000, 2008; Соловова и др., 2008; Sharygin et al., 2010 и мн. др.). Были установлены источники и условия генерации щелочно-ультрабазитовых и щелочно-базитовых расплавов, показана важная роль процессов жидкостной несмесимости в их эволюции и кристаллизации, определивших воз-

никновение широкого спектра магматических пород, в том числе и карбонатитов, генерацию своеобразных по составу и металлоносности магматических флюидов. Последние являлись окисленными флюидами с высокими значениями редокс-потенциала. Они характеризовались (Борисенко и др. 2006, 2011, 2012, Боровиков и др. 2012 и др.):

- гетерофазным состоянием (концентрированные раствор или расплав-рассол и газовая фаза);
- высокие концентрации солевых компонентов в водно-солевой фазе (более 30 - 70 мас. %);
- преобладание среди солевых компонентов в водно-солевой фазе хлоридов, сульфатов, карбонатов и иногда фторидов Na, K, Fe, Ca, состав газов представлен $\text{CO}_2 > \text{N}_2 > \text{H}_2\text{S}$;
- в газовой составляющей гетерофазных флюидов концентрация солевых компонентов не превышает 5 – 7 мас. %, а в составе газов преобладает $\text{CO}_2 > \text{N}_2 \gg \text{H}_2\text{S}$.
- такие окисленные флюиды отличались высокой металлоносностью и были специализированы на определенный комплекс рудных элементов;
- важными факторами, определяющими высокую металлоносность магматических флюидов, являются: 1) гетерофазное состояние флюидов и высокая экстракционная способность каждой из их составляющих (концентрированный раствор, расплав-рассол и парогазовая фаза) в отношении того или иного комплекса рудных элементов; 2) высокие температуры ($< 700^\circ\text{C}$) отделения флюидов от расплавов, при которых коэффициент распределения рудных элементов между флюидом и расплавом достигает 10 - 50 и более; 3) высокие концентрации рудных элементов в расплавах, что достигается во флюидонасыщенных остаточных расплавах; 4) динамика отделения флюидов от расплава и их фазовое состояние.

В минералах лампрофиров (апатите, калиевом полевом шпате и пироксене) установлены минеральные, расплавные, кристалло-флюидные и флюидные (газово-

жидкие и газовые) включения. Кроме того, были изучены вторичные газовой-жидкие и газовые включения в ксеногенном кварце из этих пород.

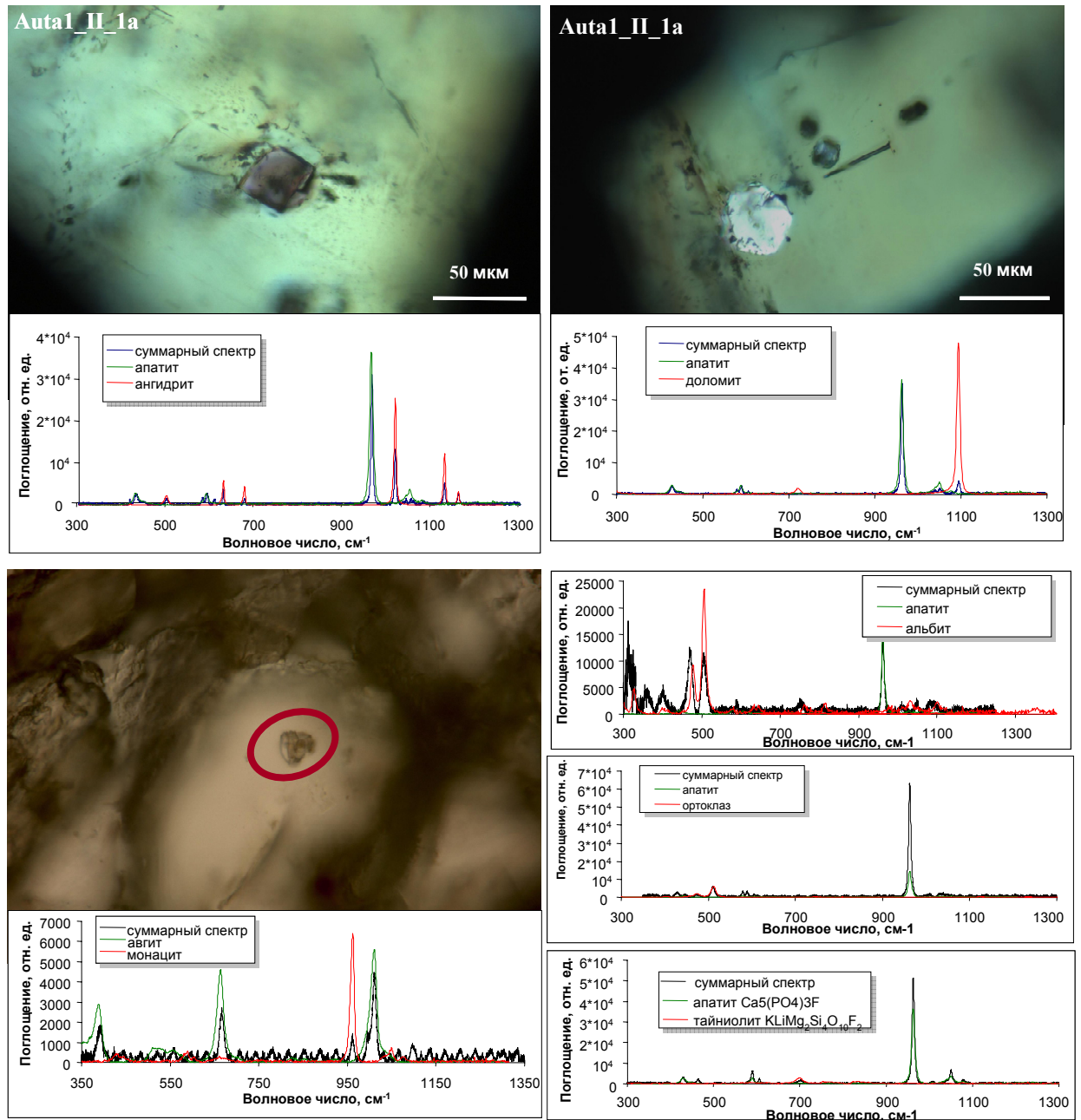


Рис. 5-1. Минеральные включения в апатитах и пироксенах лампрофиров чуйского комплекса. Методом КР-спектроскопии были обнаружены: ангидрит, ортоклаз, кварц, кальцит, тайниолит? (в апатитах), монацит (в пироксене).

Минеральные включения в апатитах лампрофиров представлены небольшими (порядка 20 мкм) кристаллами, имеющими кристаллографическую

огранку. Являясь первичными, они отражают парагенезис позднемагматических минералов лампрофиров. Методом RAMAN-спектроскопии в апатитах были обнаружены такие минеральные фазы как кальцит, доломит, ангидрит, кварц, альбит а в пироксене - монацит (рис. 5-1).

На рисунке 5-2 представлено разнообразие многофазных включений в апатитах лампрофировых даек. Они иллюстрируют эволюцию расплава: его переход к расплав-рассолам (кристаллофлюидные включения) и отделение флюидной фазы (флюидные включения). Далее они будут рассматриваться отдельно в зависимости от фазового состава – расплавные, кристаллофлюидные и флюидные.

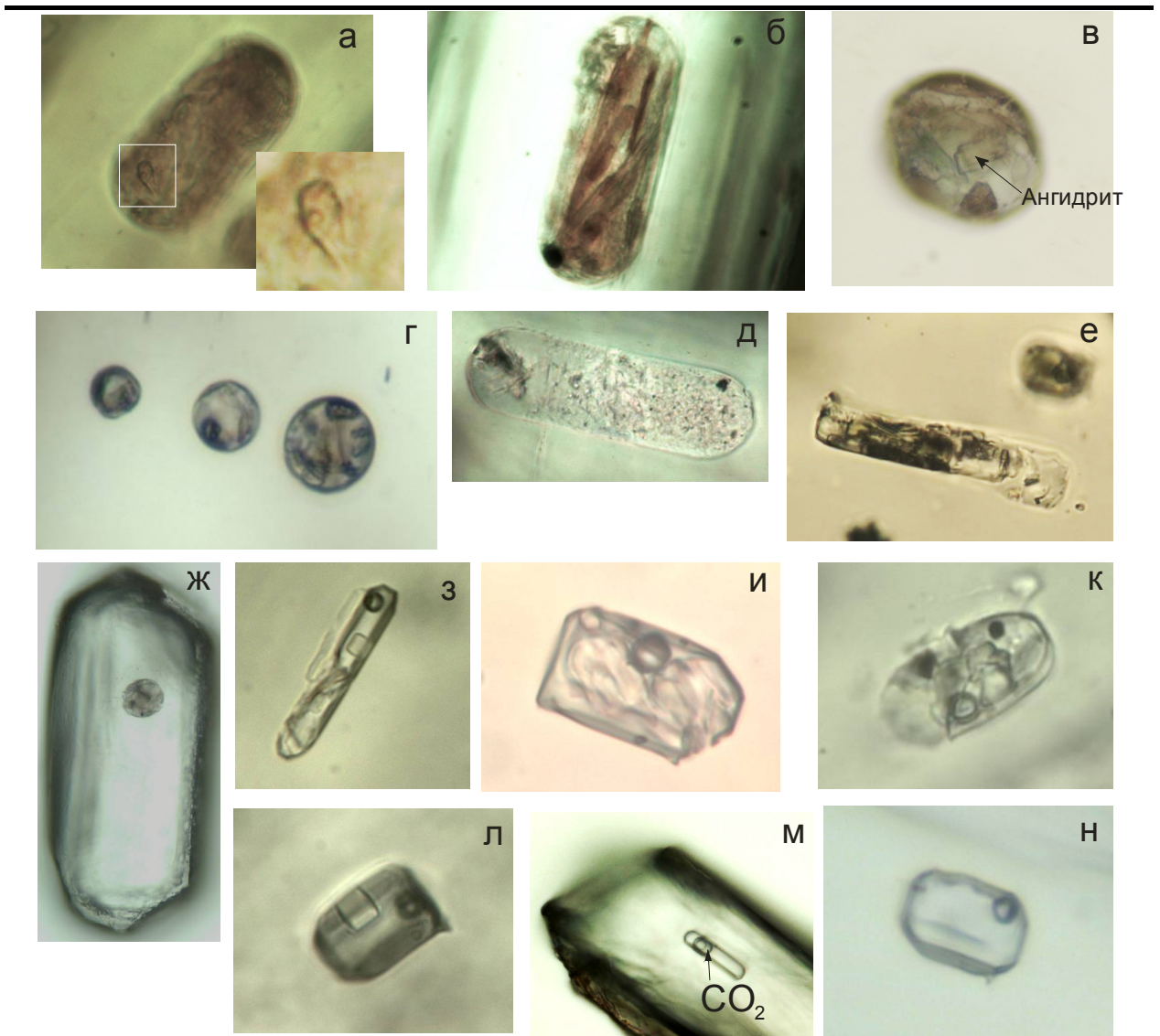


Рис. 5-2. Разнообразие составов включений в апатите лампрофировых даек.

(а-ж) расплавные включения, в том числе (а) – расплавное включение с фазой водного флюида; (в)– расплавное включение с ангидритом; (з-к) кристаллофлюидные включения; (л-н) флюидные включения, в т.ч. (л) двухфазное газожидкое, (м), двухфазное включение с жидкой CO_2 (н) трехфазное с галитом.

Расплавные включения.

Из мономинеральных фракций апатитов и пироксенов, выделенных из издробленных образцов лампрофиров, были отобраны зёрна, содержащие расплавные включения. Форма включений встречалась преимущественно трёх типов – шаровидная, вытянутая по удлинению минерала хозяина – короткостолбчатая и игольчатая. Разные по форме включения могут находиться в одном минерале, что иллюстрирует рисунок 5-3. Размеры включений варьируют от первых микрон до 50 мкм (диаметр изометричных или длина вытянутых включений), и в основном находятся в промежутке от 10 до 20 мкм. Расплавные включения из минералов лампрофиров южно-чуйского и юстыдского ареала раскристаллизованы в разной степени и состоят из тонкозернистой основной массы, газовой фазы и переменного количества более крупных твердых фаз, занимающих от 1 – 5 до 80% объема вакуоли. Газовый пузырёк занимает от 5 до 30 % объёма, в некоторых случаях не заметен.

Для исследования состава расплавных включений препараты с включениями помещались в нагревательный контрольно-измерительный комплекс ТК1500 в воздушной среде при атмосферном давлении. Нагрев проводился ступенчато – со скоростью 22-30 град/мин до температуры 800°C и продолжался со скоростью 5-10град/мин до 1000°C или 1200°C. Отдельные включения выдерживались до 2-х часов. Затем препарат вместе со включением остужался естественным образом отключением нагревательного элемента. При нагреве вёлся оптический контроль включения, с целью определить температуру гомогенизации. Во всех экспериментах полной гомогенизации не происходило. Как правило, при нагреве включение постепенно просветлялось с появлением одной или нескольких фаз – газовых пузырей или жидкости состава, несмешивающегося с основным. Пузырь по мере увеличения температуры, уменьшался, отдельные пузырьки сливались в один, но полного растворения не происходило (рис.5-4). И если в игольчатых

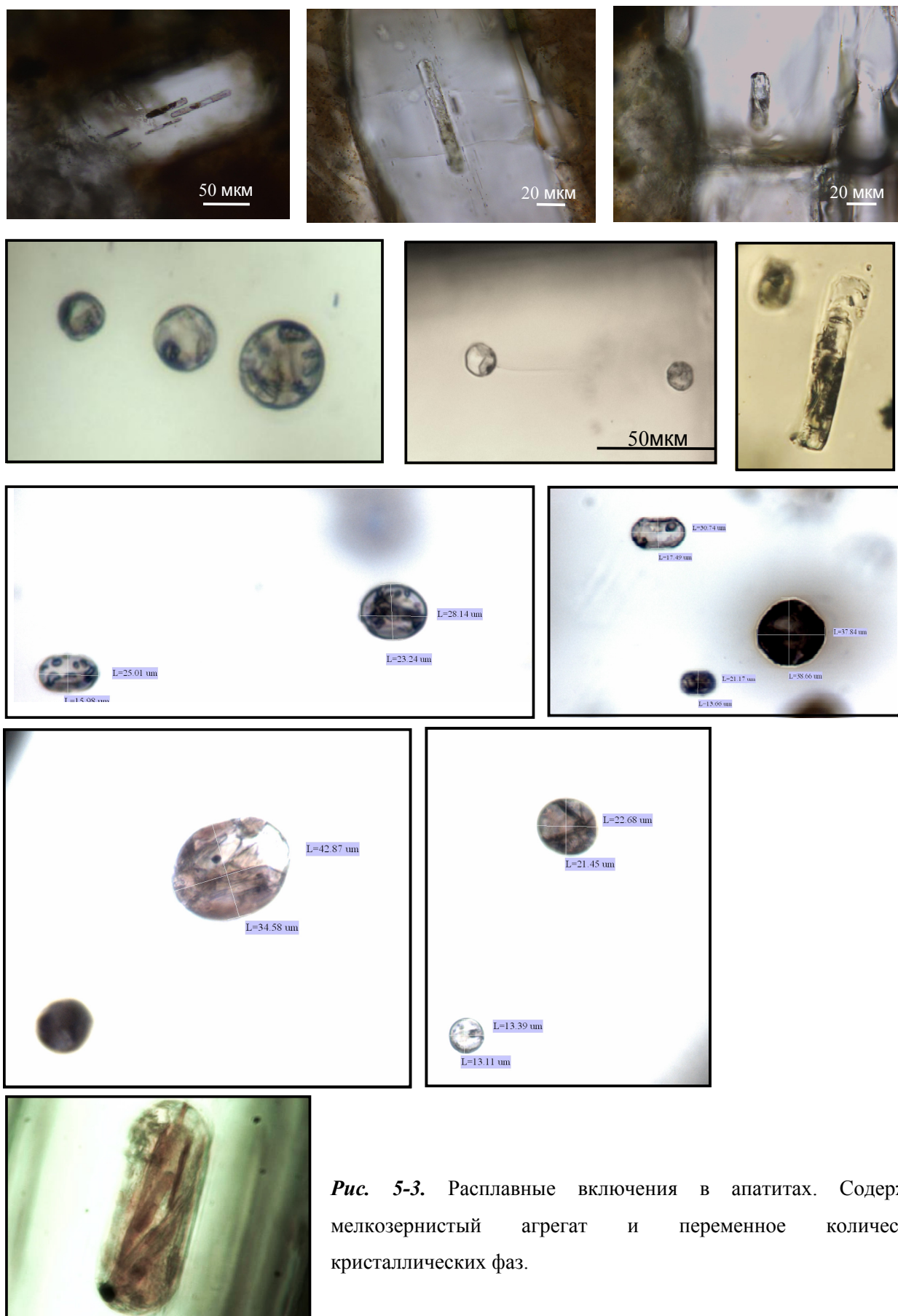


Рис. 5-3. Расплавные включения в апатитах. Содержат мелкозернистый агрегат и переменное количество кристаллических фаз.

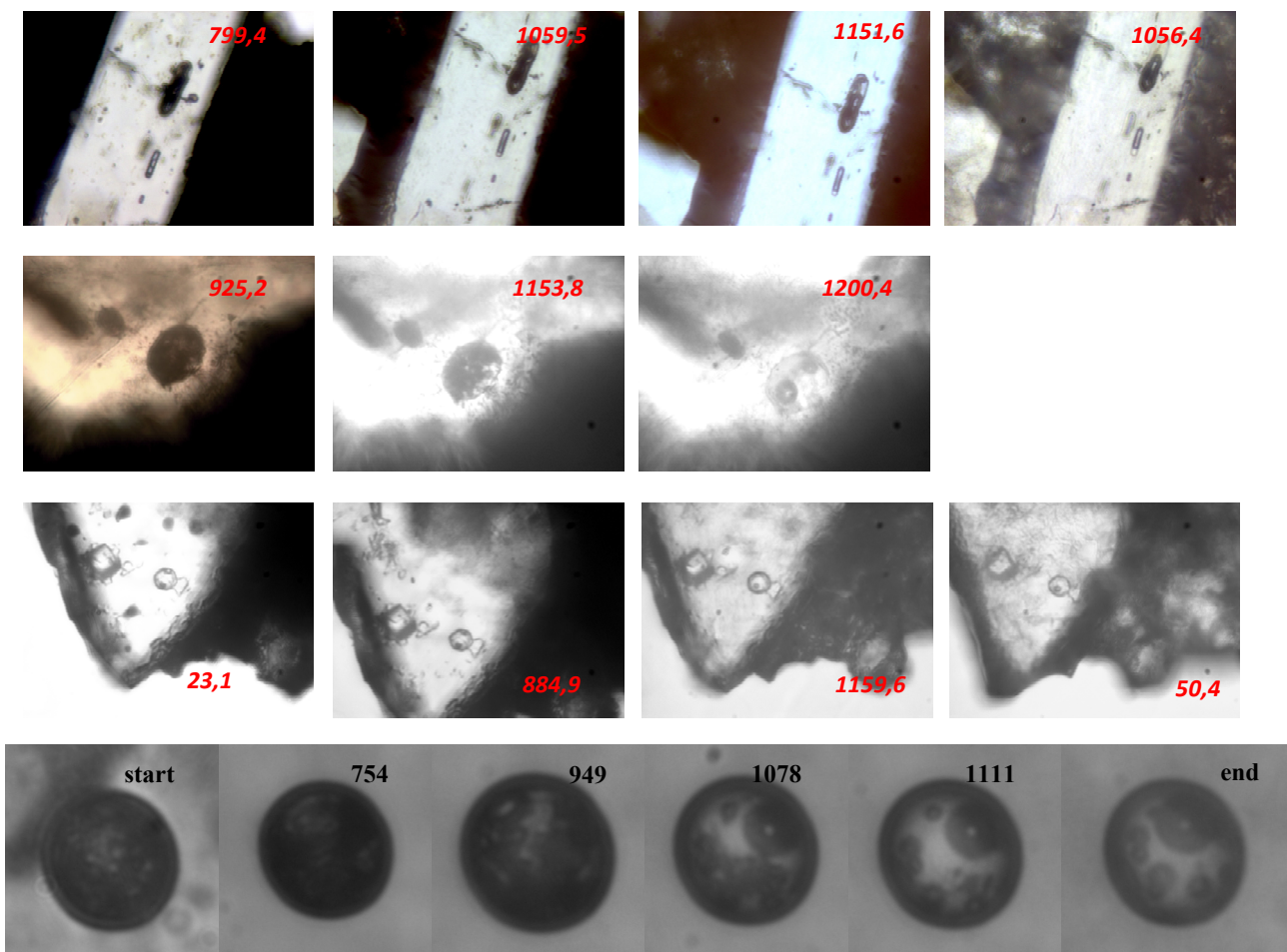


Рис. 5-4. Иллюстрации к экспериментам по нагреванию расплавных включений ($d=10\mu\text{м}$). Как видно, гомогенизация не достигается даже при высоких температурах.

включениях это можно объяснить невозможностью смешиваться из-за малых размеров включения, то в более крупных, сфероидных включениях это однозначно трактуется как признак ликвации в расплаве.

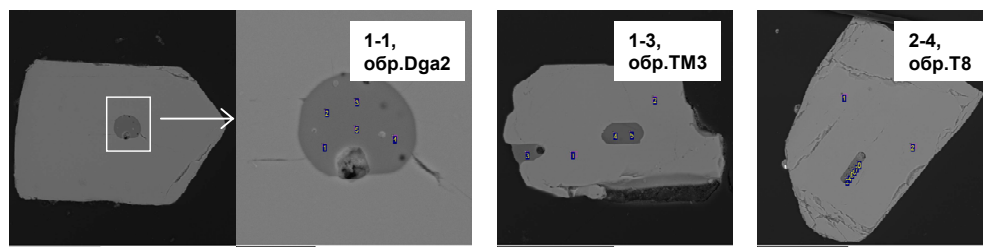


Рис. 5-5. Фотографии в отражённых электронах (BSE) гретых расплавных включений, выведенных на поверхность, в апатитах. Составы включений и апатитов приведены в таблице 5-1.

При нагревании некоторых расплавных включений (рис. 5-6г, включение 6) до 1100-1200°C наблюдалось плавление твердых фаз с образованием несмесимых фаз силикатного и солевого расплавов. Их объемные соотношения неодинаковы в

разных включениях, что указывает на гетерофазное состояние расплава, который состоял из несмешиваемых фаз: силикатной, силикатно-солевой и солевой.

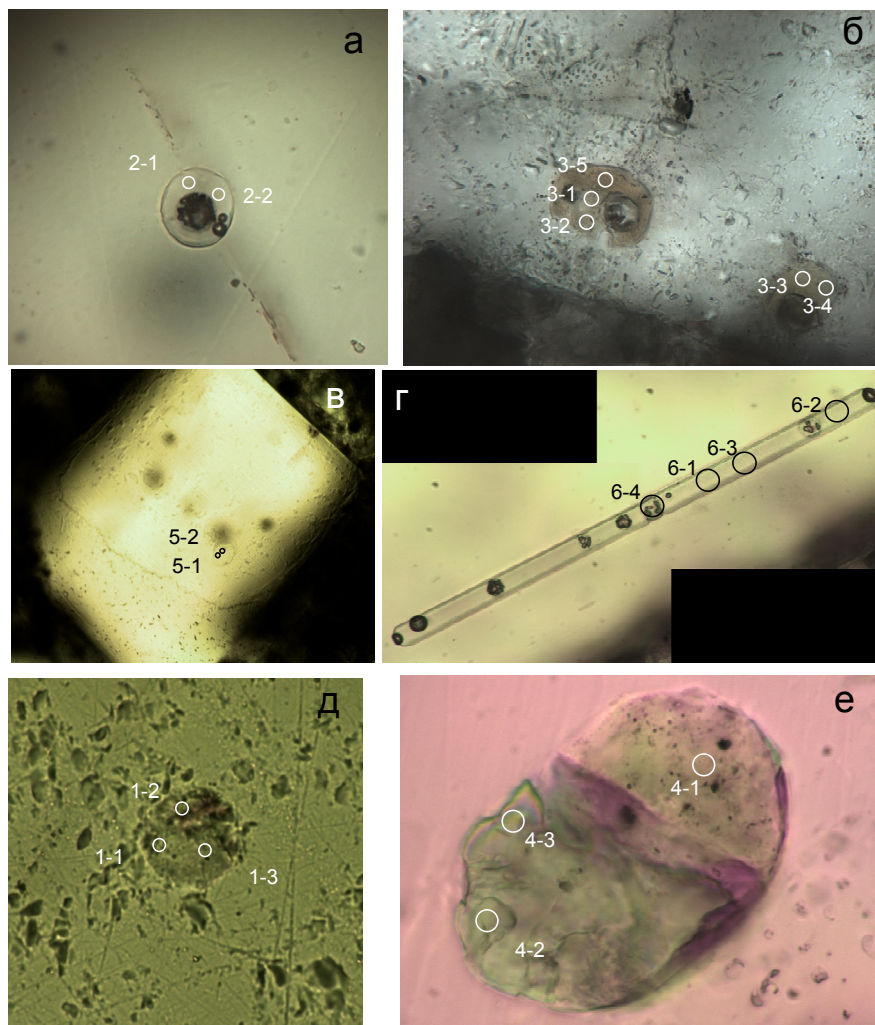


Рис. 5-6. Фотографии в проходящем свете гретых (б, г-е) и не гретых (а, в) расплавных включений

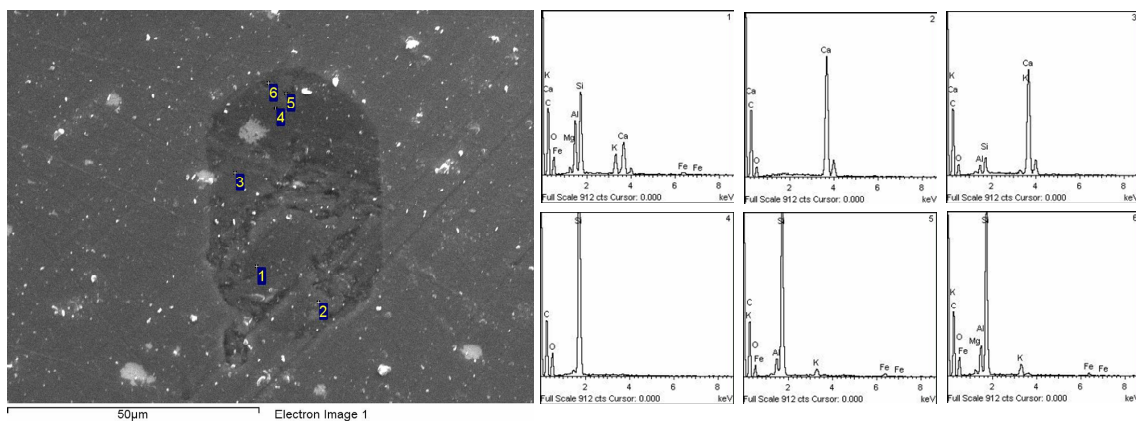


Рис. 5-7. Фотография в отражённых электронах (BSE) мелкокристаллического включения в апатите.

В ходе исследований также были обнаружены включения, состоящие из мелкокристаллического агрегата, но имеющие внутри хорошо видимую границу раздела (рис. 5-7). Изучение вскрытого включения показало, что наличие границы обусловлено разностью состава – одна часть состояла из диоксида кремния, а другая, по-видимому, имела карбонатный состав. Результаты исследований методом сканирующей микроскопии и микрозондом и фотографии включений приведены на рисунке 5-5, 5-6 (б, г-е) и в таблице 5-1 и 5-2 (анализы 4-1 – 4-3). Составы гретых гомогенизированных включений из апатитов на TAS-диаграмме попадают в поле андезитов, трахитов и трахидацитов, т.е. как умеренно-щелочных, так и пород нормального ряда. Сравнение состава включений с составом породы на бинарных диаграммах представлены на рис. 5-8.

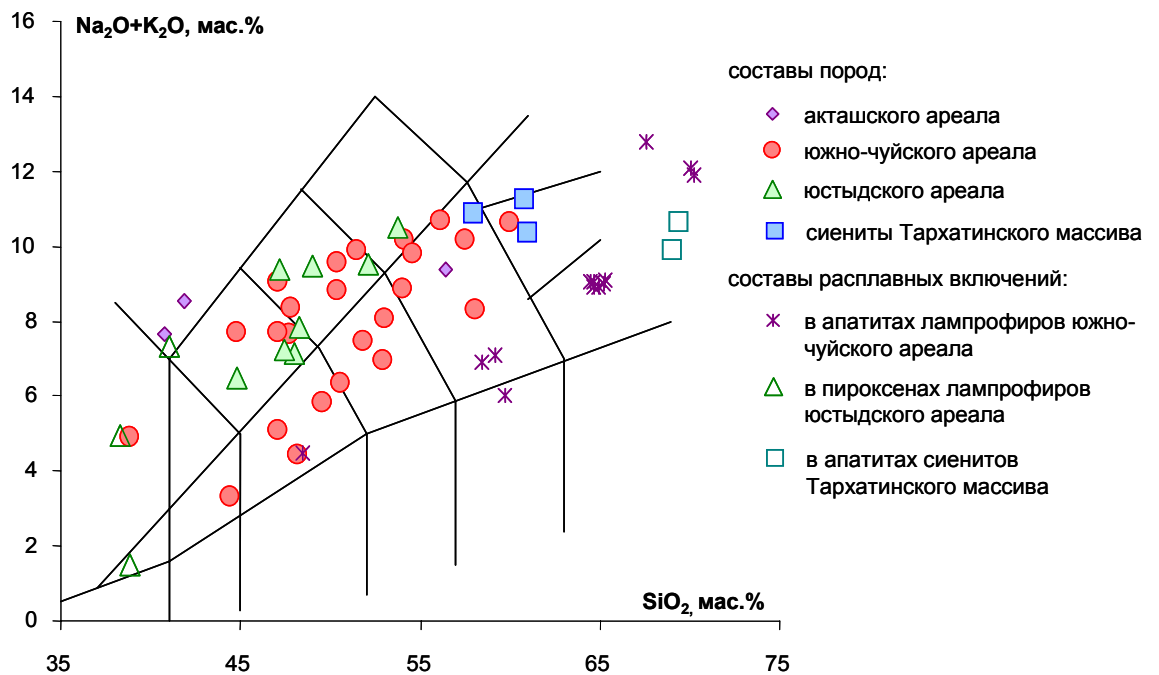


Рис. 5-8. Сравнение состава гомогенизированных расплавных включений и составов пород чуйского комплекса.

Также были исследованы составы негретых включений методом сканирующей микроскопии (рис. 5-6а,в). Одно из них (минерал-хозяин - апатит) оказалось целиком состоящее из кальцита (таблица 5-1, включение 2-1). Его особенностью является пересечение трещиной. Так что возможно кальцит имеет вторичную природу. Два других включения находились в апатите и пироксене. Исследование по-

казало, что они состоят из множества фаз различного состава. Результаты приведены в таблице 5-1. Включение в пироксене содержит цирконосиликат кальция ($ZrO_2=8.67\%$), высококальциевую и высокофосфористую фазу, хорошо просматривающуюся на фоне других, и несколько силикатных, в том числе и высокотитанистую ($TiO_2=2,94\%$). Включение в апатите оказалось более гомогенное по составу – оно состоит из фаз с повышенным содержанием окиси кальция ($CaO=34.01-37.61\%$) и практически в равной степени обогащённой кремнезёмом, магнием и железом.

Выводы:

Исследованные расплавные включения в апатитах различаются как по составу, так и по соотношению слагающих их фаз. В некоторых отмечается разделение на две части контрастного состава – карбонатную и силикатную. При нагревании до температуры $1000-1200^\circ C$ гомогенизации не происходило. Всё это свидетельствует о гетерофазном состоянии расплава, из которого кристаллизовались минералы, захватывающие включение. Составы включений в пироксенах, как наиболее ранних минералах, отвечают, по-видимому, составу слабо фракционированного, близкого к исходному расплава. Включения в апатите были захвачены на заключительной стадии кристаллизации породы, а потому имеют более кислый состав.

Кристалло-флюидные включения являются переходным типом между расплавными и флюидными, содержат переменное количество твердых фаз, водный раствор и газовую фазу. Кроме того, отмечаются более поздние газовой-жидкие двух- и трехфазные с кристалликами $NaCl$ и других солей, а также газовые включения.

Раствор газовой-жидких включений имеет довольно низкую температуру эвтектики -86 град. и переменную концентрацию ($22 - 35$ и более масс.%) солей, среди которых преобладали хлориды Na , K и Fe и, возможно, сульфаты (табл. 5-3). Вероятность нахождения сульфатов в растворах флюидных включений согласует-

ся с присутствием ангидрита в силикатно-солевых и ангидрита и йоганнита в кристалло-флюидных включениях в минералах лампрофиров.

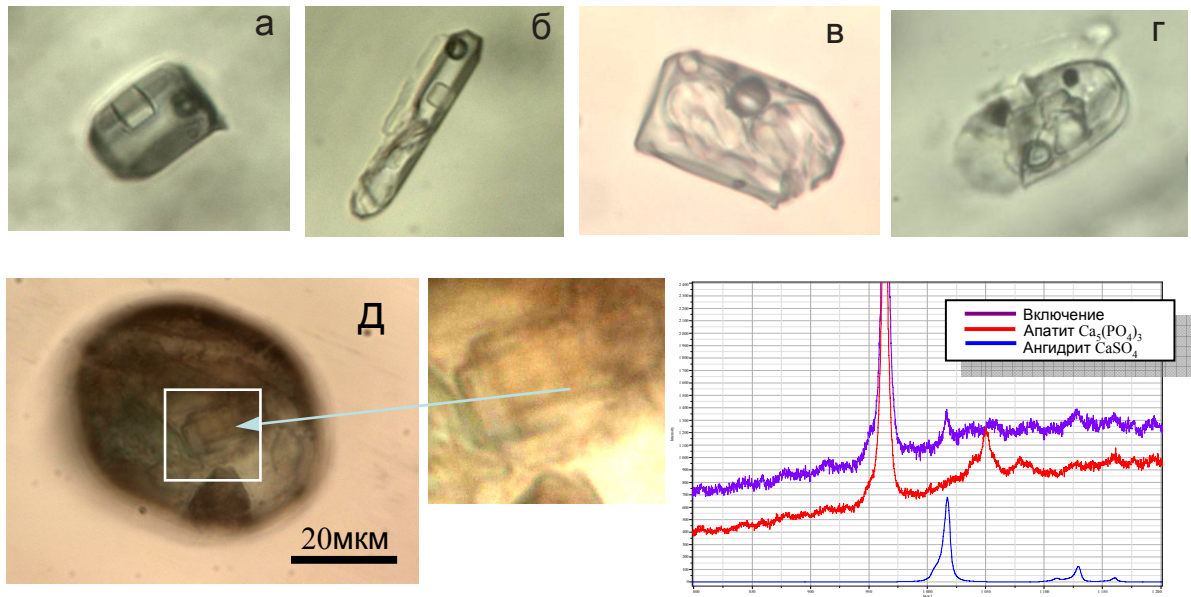


Рис. 5-9. Кристалло-флюидные включения в апатитах лампрофиров. Различаются по составу и соотношению составляющих их фаз.

Среди них по данным КР-спектроскопии диагностированы ортоклаз, флогопит, альбит, а в полностью раскристаллизованных – ангидрит, кальцит, доломит, сидерит, галит, тайниалит ($\text{KLiMg}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{F}_2$), а также урансодержащие фазы, диагностируемые как биллиетит $\text{Ba}(\text{UO}_2)_6\text{O}_4(\text{OH})_6 \cdot 4-8\text{H}_2\text{O}$ с примесью иоганита $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{OH}/\text{SO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и саллеита $\text{Mg}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (RRUFF, база данных КР-спектров, <http://rruff.info/>). Присутствие урана в расплавных включениях подтверждено LA-ICP-MS анализом (рис. 5-10).

В кварце ксенолитов гранитов и кварцевых жил установлены многочисленные вторичные включения: карбонатно-сульфатные и ассоциирующие с ними высокоплотные газовые включения. Состав газовых включений в лампрофирах Южно-Чуйского и Юстыдского ареалов существенно отличается. Кварц ксенолитов в лампрофировых дайках Южно-Чуйского ареала содержит обильные вторичные газовые включения, которые представлены существенно углекислотны-

ми (CO_2 – 100-99,7 мол.%, N_2 – 0,3-0 мол.%) или азотными (N_2 – 100-0 мол.%, CO_2 – 18,3-0 мол.%, иногда H_2S до 0,04 моль.%).

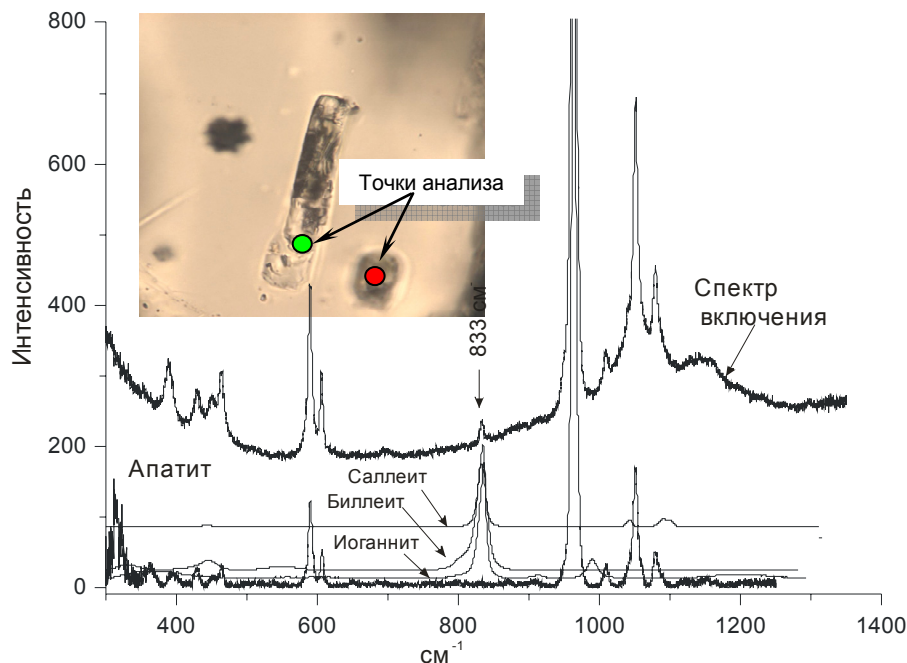


Рис. 5-10. КР-спектр включения с диагностируемыми U-содержащими фазами.

В углекислотных включениях CO_2 плавится при $-62,7$ - -57 °C , гомогенизируется при -11 – $+18$ °C и имеет плотность 0,99-0,78. В азотных включениях N_2 гомогенизируется при -164 – -156 °C , что соответствует плотности 0,63-0,56. Метан во включениях не был обнаружен. Такой кварц содержит вторичные карбонатно-сульфатные включения (ангидрит, кальцит, веланита ($\text{Ca}_5\text{Cu}_2[\text{Si}_6\text{O}_{17}](\text{CO}_3)(\text{OH})_24\text{H}_2\text{O}$), другие силикаты и газовая фаза), находящихся в ассоциации с вторичными включениями высокоплотных газов. Вторичные газовые включения ксеногенном кварце из лампрофиров Юстыдского ареала содержат CO_2 – 100-92,2 мол.% , N_2 – 7,7-0 мол.%, CH_4 – 0,1-0 мол.%. Гомогенизация CO_2 в этих включениях происходит при $+15$ - $+31$ °C, что соответствует ее плотности 0,8-0,51. В интерстициальном кварце лампрофиров этого ареала присутствуют азотно-метановые включения, в которых содержание CH_4 достигает 3 мол.%, а CO_2 практически отсутствует.

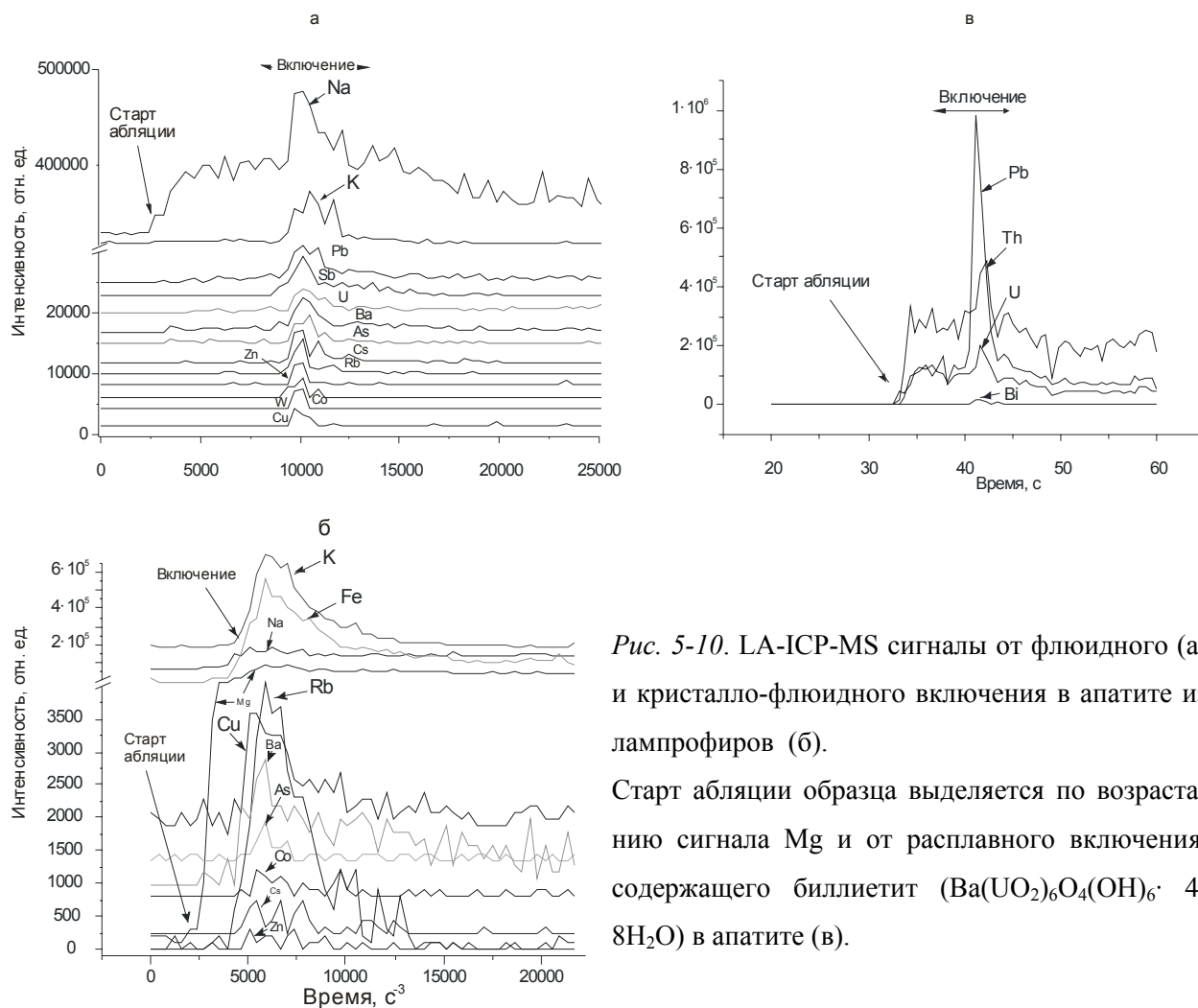


Рис. 5-10. LA-ICP-MS сигналы от флюидного (а) и кристалло-флюидного включения в апатите из лампрофиров (б).

Старт абляции образца выделяется по возрастанию сигнала Mg и от расплавленного включения, содержащего биллиетит ($\text{Ba}(\text{UO}_2)_6\text{O}_4(\text{OH})_6 \cdot 4-8\text{H}_2\text{O}$) в апатите (в).

Газовые включения, обнаруженные в калиевом полевом шпате из шпиря пегматоидов в лампрофире имеют азотно-углекислотный состав: CO_2 – 78,3 мол.%, N_2 – 21,7 мол.%. Такие различия по содержанию метана в составе газовой фазы флюидных включений в минералах лампрофиров Юстыдского и Южно-чуйского ареалов свидетельствуют и о разных редокс-потенциалах магматогенных флюидов. Это, на наш взгляд, может быть связано с влиянием состава вмещающих дайки лампрофиров пород: мощные (4–6 км.) толщи углистых терригенных отложений в Юстыдском ареале и метаморфические породы в Южно-Чуйском. Следует отметить, что метан-азотно-углекислотный состав магматогенных флюидов лампрофиров локализованных среди черносланцевых отложений характерен и для других регионов (Северное и Южное Верхоянье и др.), а азотно-углекислотный для щелочных бази-

тов залегающих среди магматических или метаморфических пород (Памир, Алданский щит).

В кристалло-флюидных и флюидных включениях в апатитах методом LA-ICP-MS были установлены повышенные содержания целого ряда рудных элементов: Fe, Mn, Ba, Sr, Cs, Rb, Pb, Cs, Zn, Cu, Sb, As, Th, U, Mo, W, Ag, Hg и Bi (рис. 5-10, табл. 5-3). Судя по интенсивности пиков на MS-спектрах и значениях интенсивности пиков тех или иных элементов, нормированных по интенсивности спектров Na+K, одни металлы (K, Fe, Mn, Rb, Cu, Co) в большей мере накапливаются в высококонцентрированных расплавах-рассолах (кристалло-флюидные включения), другие (Na, Sr, Ba, Cs, Pb, Zn, Sb, As, Hg, Th, U, W – в концентрированных растворах (газово-жидкие включения). Истинную концентрацию этих элементов удалось рассчитать только лишь для растворов газовой-жидких включений, в которых методом криометрии удалось установить содержание Na, послужившим таким образом в качестве внутреннего стандарта (табл. 5-3). Установлено, что в таких растворах в аномальных количествах присутствуют лишь Hg, Sb, и As - профилирующие элементы для Ag-Sb и Sb-Hg оруденения, концентрация которых на более чем два порядка (в 150-350 раз) превышает кларковую (рис. 5-11).

Элемент	Концентрация в ppm
Na	134000
K	15466
Co	15
Cu	24
Zn	441
As	228
Rb	284
Sr	6458
Ag	4
Sb	520
Cs	119
Ba	174
W	31
Hg	20
Pb	267
Th	66
U	22

Таблица 5-3. Результат La-ICP-MS анализа флюидных включений в апатите из лампрофиров Юстыдского ареала*.
*Примечание: концентрация Na рассчитана по данным крио- и термометрического анализа

Содержание элементов во флюидном включении в апатите из лампрофира превышает их содержания в лампрофирах. Другие компоненты – Pb, Zn, W и отчасти Ag отмечаются в повышенных количествах, в 5-10 раз превышающих лампрофировые. Остальные элементы, хотя и уверенно устанавливаются методом LA-ICP-MS в растворах включений, но их концентрация сопоставима или даже ниже чем в лампрофирах (рис. 5-11).

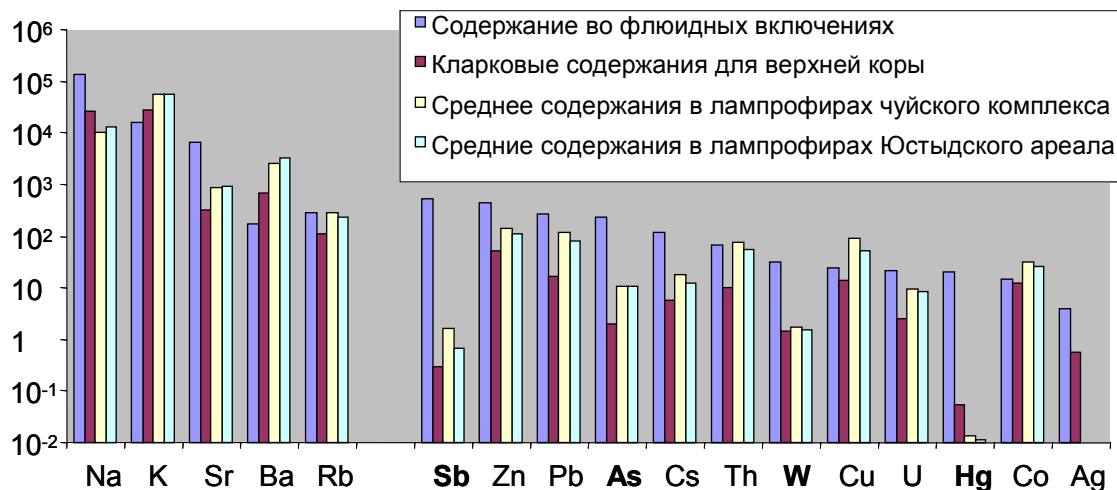


Рис. 5-11. Сравнение содержаний некоторых элементов во флюидных включениях из апатитов лампрофиров Юстыдского ареала чуйского комплекса с кларковыми содержаниями в верхней коре (по [Wedepohl, 1995]), с содержаниями в лампрофирах чуйского комплекса вообще и в Юстыдском ареале в частности

Таким образом, в магматогенных флюидах, связанных с лампрофирами чуйского комплекса, в наиболее значимых для рудообразования концентрациях установлены лишь легколетучие элементы Sb, As, и Hg, являющиеся профилирующими для руд ассоциирующего с ареалами лампрофиров гидротермального оруденения (Ni-Co-As, Ag-Sb, Sb-Hg). Ряд других рудных элементов присутствует в менее значимых количествах в магматогенных флюидах. Однако учитывая высокую экстракционную способность таких окисленных флюидов, дополнительный источник рудных элементов для формирования руд мог быть обеспечен за счет заимствования из вмещающих пород (Pavlova, Borovikov, 2009, Борисенко и др., 2011).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого исследования были получены новые данные о возрасте, составе пород и породообразующих минералов, геохимических и изотопных характеристиках лампрофиров чуйского комплекса и сопутствующих им сиенитов. Установлено, что в раннемезозойское время формирование даек лампрофиров продолжалось около 20 млн лет (251-234 млн. лет) и протекало в два этапа синхронно во всех изученных ареалах развития комплекса. Высказано предположение о возможности выделения более раннего, позднепермского этапа формирования лампрофиров в изученном регионе, что требует дополнительного Ar-Ar и U-Pb датирования пород.

Доказана комагматичность лампрофиров Южно-Чуйского ареала и сиенитов Тархатинского массива, который ранее считался петротипом самостоятельного интрузивного комплекса (Шокальский и др., 2000). Полученные данные свидетельствуют о том, что Тархатинский массив может рассматриваться как плутоническая фация чуйского комплекса.

Анализ текстурно-структурных особенностей, минерального состава лампрофиров и результаты изучения расплавных включений в минералах показало, что формирование оцеллярных и глобулярных структур в лампрофирах связано с проявлением процессов жидкостной несмесимости, кристаллизационной дифференциации исходного расплава и обособлению карбонатного и фосфатно-карбонатного расплава.

Впервые были изучены расплавные и флюидные включения в минералах лампрофиров ЮВ Алтая и СЗ Монголии. Эти исследования показали, что в процессе становления чуйского комплекса происходила ликвация щёлочно-базитового расплава на силикатную, карбонатную и хлоридно-сульфатную жидкости. Установлено, что в процессе эволюции расплава отделялся флюид с повышенным содержанием Fe, Mn, As, Sb, Hg, что свидетельствует о генетической связи щелочно-базитового магматизма с Ag-Sb, Sb-Hg и Ni-Co-As оруденением, которое развито в ареале чуйского комплекса и синхронизировано с ним по возрасту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амантов В.А., Быковская Г.А., Генко Г.А. и др. Основные закономерности развития и металлогения областей тектономагматической активизации юга азиатской части СССР. // Л.:Недра. - 1979. - 303с.
2. Амшинский Н.Н., Врублевский В.А., Кононов А.Н. и др. Состояние изученности и расчленения магматических пород Алтая, Салаира и Томь-колыванской складчатой зоны на комплексы // Региональные схемы магматизма Алтае-Саянской складчатой области. Л.: Недра. - 1978. - С.11-19.
3. Андреева И.А. Силикатные, силикатно-солевые и солевые магмы щелочного карбонатитсодержащего комплекса Мушугай-Худук, Южная Монголия (данные изучения расплавных включений) // Автореф. дис. ...к.г.-м.н. М., ИГЕМ РАН. - 2000. - 27с.
4. Белоусов А.Ф. Проблемы анализа эффузивных формаций. Новосибирск: Наука, Сиб. Отд.-ние. - 1976. - 332с.
5. Белоусов А.Ф., Кривенко А.П. Магмогенезвулканических формаций. Новосибирск: Наука, Сиб. Отд.-ние. - 1983. - 167с.
6. Белоусов А.Ф., Кривенко А.П., Полякова З.Г. Вулканические формации. Новосибирск: Наука, Сиб. Отд.-ние. - 1982. - 281 с.
7. Белоусов А.Ф., Лапин Б.Н., Полякова З.Г. и др. Вулканогенно-осадочные комплексы докембрия и палеозоя Алтае-Саянской провинции. Петрозаводск. - 1972. - С. 51-53.
8. Белоусов А.Ф., Налётов Б.Ф., Полякова З.Г. Вулканические комплексы рифея и нижнего палеозоя Кузнецкого Алатау. Новосибирск: Наука, Сиб. Отд.-ние. - 1974. - 211с.
9. Боголепов К.В. Мезозойская тектоника Сибири. М.: Наука. - 1967. - 240с.
10. Боголепов К.В. Опыт тектонического районирования и классификации основных тектонических структур Сибири и Дальнего Востока. // Геология и геофизика. - 1963. - №4. – С.64-78.

11. Борисенко А.С., Боровиков А.А. Самородная сера во флюидных включениях в кварце рудных жил Калгутинского месторождения // XV Всероссийская конференция по термобарогеохимии (Москва, ИГЕМ РАН, 18-20 сентября 2012 г.): Материалы конференции. М.: ИГЕМ РАН. - 2012а. - С. 16-18
12. Борисенко А.С., Боровиков А.А., Васюкова Е.А., Павлова Г.Г., Рагозин А.Л., Прокопьев И.Р., Владыкин Н.В. Окисленные магматогенные флюиды, их металлоносность и роль в рудообразовании // Геология и геофизика - 2011. - Т. 52. - №1. - С. 182-206
13. Боровиков А.А., Дашкевич Е.Г., Борисенко А.С., Гаськов И.В., Наумов В.Б. Металлоносные магматические флюиды Рябиновского щелочного массива (Центральный Алдан) // XV Всероссийская конференция по термобарогеохимии (Москва, ИГЕМ РАН, 18-20 сентября 2012 г.): Материалы конференции. М.: ИГЕМ РАН. - 2012б. - С. 19-20
14. Борисенко А.С., Оболенский А.А., Говердовский В.А., Пономарчук В.А., Павлова Г.Г., Наумов Е.А. Геодинамические обстановки и возрастные рубежи проявления ртутной и ртутьсодержащей минерализации в Алтае-Саянской области. // Материалы совещания: Гео-динамическая эволюция лито-сферы Центрально-Азиатского подвижного пояса. От океана к континенту. Иркутск. - 2003. - С. 27-30.
15. Борисенко А.С., Павлова Г.Г., Васюкова Е.А., Травин А.В., Говердовский В.А., Гусев В.И. Возраст лампрофиров Алтая и северо-запада Монголии и их соотношение с другими типами магматизма и оруденением. Геология и минералогия Сибири: Сборник научных трудов [Под ред. Черных А.И., Родина Р.С.] - Новосибирск: СНИИГГиМС - 2010. - С.143-148.
16. Борисенко А.С., Павлова Г.Г., Оболенский А.А., Лебедев В.И., Бедарев Н.П., Боровиков А.А., Дыщук М.Ю., Коледа А.Я., Морцев Н.К. Серебро-сурьмяная рудная формация. Ч.1 Геология, Минералогия, эндогенная зональность оруденения. // Новосибирск: Наука - 1992. - 188с.
17. Борисенко А.С., Скуридин В.А., Оболенский А.А., Троицкий В.А., Чернышев И.В., Пономарчук В.А., Говердовский В.А. Проблема связи эндогенного оруде-

нения с магматизмом в рудном районе Юго- Восточного Алтая и Северо- Западной Монголии. // Изотопные исследования процессов рудообразования. // Новосибирск, Наука. - 1991. - С.151- 170.

18. Борисенко А.С., Павлов И.А., Павлова Г.Г., Боровиков А.А. Источники серы сидерит-сульфосольных жил Юстыдского прогиба // Геол. и геофиз. - 1988. - № 7. - С. 125-129
19. Борисенко А.С. Боровиков А.А. Житова Л.М. Павлова Г.Г. Состав магматогенных флюидов, факторы их геохимической специализации и металлоносности // Геол. и геофизика - 2006. - Т. 47, № 12. - С. 1308-1325
20. Борисенко А.С., Боровиков А.А., Васюкова Е.А., Павлова Г.Г., Рагозин А.Л., Прокопьев И.Р., Владыкин Н.В. Окисленные магматогенные флюиды, их металлоносность и роль в рудообразовании // Геол. и геофиз. - 2011. - Т. 52, № 1. - С. 182-206.
21. Борисенко А.С., Сотников В.И., Изох А.Э., Поляков Г.В., Оболенский А.А. Пермотриасовое оруденение Азии и его связь с проявлением плюмового магматизма // Геол. и геофиз. - 2006. - Т. 47, № 1. - С. 166-182
22. Брагин В.Ю., Реутский В.Н., Литасов К.Д., Мальковец В.Г. Поздне-меловой эпизод внутриплитного магматизма в Северо-Минусинском прогибе по палеоманитным и геохронологическим данным // Геол. и геофиз., 1999,40, №4.- С. 576-582.
23. Васюкова Е.А., Изох А.Э., Борисенко А.С., Павлова Г.Г., Сухоруков В.П., Чан Туан Ань Петрология и возрастные рубежи раннемезозойских лапрофиров Горного Алтая // Геология и геофизика. – 2011. - Т. 52, №12. - С.182-206.
24. Владимиров А.Г., Гибшер А.С., Есин С.В. И др. Петролого- геохронологическое исследование магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области: Отчёт по проекту (в 3 книгах и 1 папке). Новокузнецк. - 1994. - 695с.

25. Владимиров А.Г., Пономарёва А.П., Шокальский С.П. и др. Позднепалеозойский-раннемезозойский гранитоидный магматизм Алтая // Геология и геофизика. - 1997. - Т.38, №4. - С. 3-17.
26. Владимиров А.Г., Пономарева А.П., Шокальский С.П., Халилов В.А., Костицын Ю.А., Пономарчук В.А., Руднев С.Н., Выставной С.А., Крук Н.Н., Титов А.В. Позднепалеозойский - раннемезозойский гранитоидный магматизм Алтая [LATE PALEOZOIC-EARLY MESOZOIC GRANITOID MAGMATISM IN ALTAI] // Геол. и геофиз. - 1997. - Т. 38, № 4. - С. 715-729.
27. Владимиров А.Г., Козлов М.С., Шокальский С.П., Халилов В.А., Руднев С.Н., Крук Н.Н., Выставной С.А., Борисов С.М., Березиков Ю.К., Мещнер А.Н., Бабин Г.А., Мамлин А.Н., Мурзин О.М., Назаров Г.В., Макаров В.А. Основные возрастные рубежи интрузивного магматизма Кузнецкого Алатау, Алтая и Калбы (по данным U-Pb изотопного датирования) // Геол. и геофиз. - 2001. - Т. 42, № 8. - С. 1157-1178.
28. Врублевский В.В., В.И. Крупчатников, А.Э. Изох*, И.Ф. Гертнер Щелочные породы и карбонатиты Горного Алтая (комплекс эдельвейс): индикатор раннепалеозойского плюмного магматизма в Центрально-Азиатском складчатом поясе. // Геология и геофизика. - 2012. - Т.8. - С. 945-963.
29. Врублевский В.В., Гертнер И.Ф., Поляков Г.В. и др. Ar–Ar-изотопный возраст лампроитовых даек чуйского комплекса, Горный Алтай // Доклады Академии наук. - 2004а. - Т. 399, № 4. - С. 516–519.
30. Врублевский В.В., Журавлев Д.З., Гертнер И.Ф., Крупчатников В.И., Владимиров А.Г., Рихванов Л.П. Sr-Nd-изотопная систематика щелочных пород и карбонатитов комплекса эдельвейс (Северо-Чуйский хребет, Горный Алтай) // Докл. РАН. - 2004б. - Т. 397, № 6. - С. 802-806.
31. Геология и генезис ртутных месторождений Алтае-Саянской складчатой области. Авт.: Кузнецов В.А., Васильев В.И., Оболенский А.А., Щербань И.П. // Новосибирск: Наука. - 1978. - 246с.

32. Говердовский В.А. Геодинамическая позиция среднепалеозойских базитовых серий Алтая // Геология и геофизика. - 2004. - Т. 45, №2. - С.212-221.
33. Гусев А.И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории // Томск: изд-во STT. - 2003. – 308 с.
34. Гусев Н.И., Гусев А.И. Базитовый магматизм и металлогения Юстыдского рудного узла (Юго-Восточный Алтай) // Региональная геология и металлогения. - 2010. - Вып. 42. - С.90-106.
35. Гусев Н.И., Гусев А.И., Пономарёв А.Л., Федак С.И. Девонский вулканизм в юго-западном Алтае: петрологические особенности и металлогения // Региональная геология и металлогения. - 2009. - № 38. - С. 73-84.
36. Добрецов Н.Л., Берзин Н.А., Буслов М.М., Ермиков В.Д., Общие проблемы эволюции алтайского региона и взаимоотношения между строением фундамента и развитием неотектонической структуры // Геология и геофизика. - 1995. - Т.36, №10. - С.5-19.
37. Добрецов Н.Л., Владимиров А.Г., Крук Н.Н. Пермско-триасовый магматизм Алтае-Саянской складчатой области как отражение Сибирского суперплюма // Докл. РАН. - 2005. - Т. 400. - № 4. - С. 505-509.
38. Долгушина А.А., Мариич И.В. Петрохимические особенности Тархатинского массива (Горный Алтай) // В сб. "Магматические формации складчатых регионов". Элиста: Изд-во Калмыцкого ун-та. - 1975. - С.32-46.
39. Зубков В.С., Пахольченко Ю.А., Сандимирова Г.П. и др. Рубидий-стронциевый возраст и генезис щелочных оливиновых базальтов Минусинской системы впадин // Докл. АН СССР. - 1986. - Т.290, №4. - С.960-963.
40. Изох А.Э., Гибшер А.С., Владимиров А.Г. и др. Ордовикские габброидные ассоциации Горной Шории Салаира и их геодинамическая интерпретация // Новые данные о геологии и полезных ископаемых западной части Алтае-Саянской горной области. Новокузнецк. - 1995. - С.200-202.
41. Изох Э.П. Оценка рудоносности гранитоидных формаций в целях прогнозирования. М.:Недра. - 1978. - 136с.

42. Изох Э.П., Кононов А.Н., Кононов О.А. Систематика и фациальный анализ гранитоидов Горного Алтая // Систематика магматических формаций (на материале складчатых областей юга Сибири и Монголии). Новосибирск: Наука, Сиб. Отделение. - 1987. - С.97-147.
43. Изох Э.П., Юдалевич З.А., Пономарёва А.П. и др. Формационный анализ гранитоидов Западного Узбекистана. Новосибирск Наука. - 1975. - 518с.
44. Козлов М.С., Халилов В.А., Стасенко Н.В., Тимкин В.И. Юрская лейкогранит-гранитовая формация Алтая // Геология и геофизика. - 1991. - №8. - С.43-52.
45. Комаров Ю.В. Магматизм областей активизации. - В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т.XI. М.: Наука. - 1975. - С.100-108.
46. Кононов А.Н. Гранитоидные формации Горного Алтая, - Геология и геофизика. - 1977. - №5. - С.144-149.
47. Крупчатников В.И. Петрология калиевых магматических комплексов юго-восточной части Горного Алтая. // Автореф. дисс. к.г.-м.н. Томск. - 2010.
48. Кузнецов В.А. и др. Магматические комплексы и формации Горного Алтая. // Сб. "Магматические формации". М. - 1964.
49. Кузнецов В.А. Центрально-Азиатский пояс мезозойской тектономагматической активизации и ртутного оруденения. // В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых. М.: Недра. - 1975.
50. Кузнецов В.А., Лапин Б.Н., Оболенский А.А., Михалева Л.А., Скуридин В.А., Оболенская Р.В., Кононов А.Н. Магматические комплексы и формации Горного Алтая // Магматические формации и их связь с ними полезных ископаемых: Тез. докл. Третьего Всесоюз. петрогр. совещ. - Новосибирск: Изд-во СО АН СССР. - 1963. - С. 147-152.
51. Кузнецов Ю.А. Главные типы магматических формаций. // М.: Недра, 1964. - 87с.
52. Наумов В.Б., Коваленкер В.А., Мызников И.К., Салазкин А.Н., Миронова О.Ф., Савельева Н.И. Высокобарические флюиды гидротермальных жил рябиновского щелочного массива (центральный Алдан) // Докл. РАН. 1995. - Т.343, №1. - С.99-102.

53. Наумов В.Б., Каменецкий В.С., Томас Р., Кононкова Н.Н., Рыженко Б.Н. Включения силикатных и сульфатных расплава в хром-диопсид Инаглинского месторождения (Якутия, Россия) // Геохимия. - 2008. - №6. - С.603-614.
54. Мальковец В.Г. Состав и строение мезозойской верхней мантии под Северо-Минусинской впадиной (по данным изучения мантийных ксенолитов из щелочно-базальтоидных трубок взрыва) // Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Новосибирск, ОИГГМ СО РАН. - 2001. - 24 с.
55. Мариич И.В. Апоэффузивные микропегматитовые граниты Горного Алтая. // Западно-Сибирское издательство. - 1975. - 79с.
56. Мельгунов С.В. Радиогеохимия и генезис слюдяных лампрофиров. // Геология и радиохимия Средней Сибири, Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние. - 1985. - С. 141-157.
57. Метёлкин Д.В. Эволюция структур центральной Азии и роль сдвиговой тектоники по палеомагнитным данным. // Автореф. дисс. д.г.-м.н. - 2010.
58. Митропольский А.С. Уран и торий в эволюции земной коры южной части Алтае-Саянской складчатой области. // М.: Наука. - 1979. - 220с.
59. Митропольский А.С., Кулик Н.А. Висмут-никель-кобальтовое оруденение в зонах мезозойской активизации Горного Алтая и Западной Тувы // Закономерности размещения полезных ископаемых. М., Наука. - 1975 - Т. XI - С. 306-313.
60. Михалёва Л.А. К вопросу о генезисе лампрофиров юго-восточной части Горного Алтая // Геология и геофизика. - 1962. - №8. - С. 34-40
61. Михалёва Л.А. Латеральная зональность базитового магматизма в зонах раннемезозойской активизации складчатых структур Горного Алтая // Геология и геофизика. - 1986. - №3 - С.33-39.
62. Михалёва Л.А. Малые интрузии Теректинского хребта в Горном Алтае и их роль в металлогении // Вопросы геологии и металлогении Горного Алтая. - Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР. - 1963. - С.155-242.
63. Михалёва Л.А. Мезозойская лампрофир-диабазовая формация юга Сибири. // Новосибирск: Наука, Сиб. Отд-ние. - 1989. - 167с.

64. Налётов Б.Ф. Региональная петрохимия гранитоидов. // Новосибирск: Наука. - 1976. - 127с.
65. Оболенская Р.В. Мезозойский магматизм Алтае-Саянской складчатой области. // Препр. №2, ИГиГ СО АН СССР; Новосибирск. - 1983. - 48с.
66. Оболенская Р.В. Слюдистые лампрофирыюго-восточной части Горного Алтая. Новые данные по геологии и полезным ископаемым Алтайского края. // Новосибирск. - 1963.
67. Оболенская Р.В. Чуйский комплекс щелочных базальтоидов Горного Алтая. // Новосибирск: Наука. - 1971. - 141с.
68. Оболенская Р.В., Генетические ряды рудных формаций, связанных с мезозойским чуйским магматическим комплексом щелочных базальтоидов в Горном Алтае. // В кн.: Геология и полезные ископаемые Алтайского края. Барнаул. - 1979. - С.38-39.
69. Оболенская Р.В. Магматизм этапа раннемезозойской тектонической активизации юго-восточной части Горного Алтая, Центральной и Западной Тувы. // В кн., Магматические формации складчатых областей Сибири. Новосибирск. - 1981. - С.100-102.
70. Оболенская Р.В., Фирсов Л.В. О раннемезозойскомвозрасте слюдяных лампрофириров чуйского комплекса Горного Алтая. // Докл. АН СССР. - 1966. - Т.170, №4.
71. Оболенский А.А. Генезис месторождений ртутной рудной формации. // Новосибирск: Наука. - 1985г. - 193с.
72. Оболенский А.А., Оболенская Р.В. Критерии связи эпипермального оруденения с магматизмом. // В кн.: Критерии прогнозной оценки эндогенного оруденения Алтае-Саянской области. Новосибирск: Наука. - 1982. - С. 96-107.
73. Оболенский А.А., Оболенская Р.В. Проблема связи ртутных месторождений с магматизмом и природа рудоносных растворов // Сб. "Вопросы металлогении ртути". "Наука". - 1968.
74. Павлова Г.Г., Борисенко А.С., Говердовский В.А., Травин А.В., Жукова И.А., Третьякова И.Г. Пермотриасовый магматизм и Ag-Sb оруденение Юго-

- Восточного Алтая и Северо-Западной Монголии // Геология и геофизика. – 2008. – Т.49, №7. – С.720-733.
75. Панина Л.И., Моторина И.В. Жидкостная несмесимость глубинных магм и зарождение карбонатитовых расплавов. // Геохимия. - 2008. - №5. - С.1-18.
 76. Попов В.С. О глобулярной текстуре лампрофиров. // Записки ВМО, часть CI, вып.6. - 1972. - С.370-379.
 77. Попов В.С. Ликвация в магмах - иллюзии и реальность (обзор иностранной литературы) // Записки ВМО, часть CXI, вып.5. - 1982. - С.614-621
 78. Рейф Ф.Г., Ишков Ю.М. Несмесимые фазы гетерогенного магматического флюида, их рудная специализация и раздельная миграция при формировании Ермаковского F-Ве-месторождения // Докл. РАН. - 2003. - Т. 390, № 3. - С. 386–388.
 79. Романов А.П. Российская Арктика: геологическая история, минерагения, геоэкология. // СПб.: ВНИИОкеангеология. - 2002. - 960 с.
 80. Рублёв А.Г. Изотопно-геохронологическое изучение интрузивных образований Алтае-Саянской складчатой области в помощь среднемасштабному геологическому картированию. // ОФ ФГУГП "Красноярскгеолсъёмка", СПб. - 1995. - 102с.
 81. Рублёв А.Г., Шергина Ю.П., Шкоробатова Г.С. Девонский магматизм Агульского прогиба // Отечественная геология. - 1994. - №3. С. 42-48.
 82. Садецки-Кардош Е. Давление пара и формирование горных пород. Очерки современной геохимии и аналитической химии. // М.: Наука. - 1972. - С.152-165.
 83. Соболев В.С. Важная особенность фемических минералов лампрофиров в связи с вопросом их происхождения. Минералогический сборник Львовского геологического о-ва при университете. // Львов, 1952. - №6. - С. 147-152.
 84. Соболев В.С. Образование магм и магматических горных пород. Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. // Новосибирск: Наука. Сиб. Отд-ние. - 1976. - С.112-147.
 85. Соболев В.С. Строение верхней мантии и способы образования магм. // Чтения им. Вернадского. Вып. XIII, М.:Наука. - 1973. - 34с.

86. Соболев Н.В., Кепежинкас В.В., Овчинников Ю.И. и др. Мантийные ксенолиты мезо-кайнозойских вулканических трубок Хакасии // Путеводитель экскурсии. Новосибирск. - 1988. - 76с.
87. Табакаева Е.М. Петролого-геохимические критерии рудоносности белокурихинского комплекса Алтая // Автореф. дисс. к.г.-м.н. - Томск. - 2011.
88. Трощенко В.Н. Дайки лампрофиров в поле ртутной минерализации. // Геология и геофизика. - 1960. - №5. - С.117-121.
89. Третьякова И.Г., Борисенко А.С., Лебедев В.И., Павлова Г.Г. и др. Возрастные рубежи формирования кобальтового оруденения Алтае-Саянской складчатой области и его корреляция с магматизмом // Геология и геофизика, 2010. Т.51. №9. С.1379-1395.
90. Уваров А.Н., Уварова Н.М. Петротип горячего щелочно-габброидного комплекса (Кузнецкий Алатау) // Новосибирск: СНИИГГиМС. - 2008. - 191с.
91. Чистяков В.К., Небера Т.С., Михалёва Л.А. Породы лампрофирового типа из окрестностей г. Томска // минералогия, геохимия и полезные ископаемые Сибири. Томск. - 1990. - Вып.1. - С.160-169.
92. Шенгер А.М.Дж., Натальин Б.А., Буртман В.С. Тектоническая эволюция алтаид. // Геология и геофизика. - 1994. - Т.35, №7-8. - С. 41-58.
93. Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г., Борисов С.М. и др. (Гл. ред. Морозов А.Ф.) Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. // Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал "Гео". - 2000. - 187с.
94. Щеглов А.Д. Основы металлогенического анализа. // М.: Недра. - 1976. - 294с.
95. Щеглов А.Д., Металлогения областей автономной активизации. // М.: Недра. - 1968. - 179с.
96. Ballhaus C.G., Stampfl E.F. Sulfide and platinum mineralization in the Merensky Reef: evidence from hydrosilicates and fluid inclusions // Contr. Miner. Petrol. - 1986. - V. 94 - P.193-204.

97. Carlier, G., Lorand, J. P., Audebaud, E., Kienast, J. R. Petrology of an unusual orthopyroxene bearing minette suite from southeastern Peru, Eastern Andean Cordillera: Al-rich lamproites contaminated by peraluminous granites. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. - 1997. - V.75. - P.59–87.
98. Carstens H. Spherulitic crystallization in lamprophyric magmas and the origin of ocelli. // *Nature*, doi:10.1038/297493a0. - 1982. - V. 297. - P.493 - 494.
99. Cooper A.F. Petrology of ocellar lamprophyres from western Otago, Newzealand. *J. Petrol.* -1979. -V.20. - P. 139-163.
100. Deer W. A., Howie R. A., Zussman J. *An Introduction to the Rock-Forming Minerals*. // Longman Scientific & Technical. - 1992. -696p.
101. Foley S. F., Venturelli G., Green D. H., Toscani L. The ultrapotassic rocks: characteristics, classification and constraints for petrogenetic models. // *Earth-Science Reviews*. - 1987. - V.24. - P. 81–134.
102. Freestone I. C. Liquid immiscibility in alkali-rich magmas. // *Chemical Geology* - 1978 - V.23, №2. - P.115–123.
103. Furnes H., Stillman C.J. The geochemistry and petrology of an alkaline lamprophyre sheet intrusion complex on Maio, Cape Verde Republic // *Journal of the Geological Society, London*. - 1987. - Vol. 144. - P. 227-241.
104. Gertner I.F., Vrublevsky V.V., Voitenko D.N. et al Plume-related alkaline basic magmatism of the Kuznetsk Alatau: The Goryachegorsk complex // *Magmatism and Metallogeny of the Altai and Adjacent Large Igneous Provinces with an Introducing Essay on the Altaids*. IAGOD Guidebook Series 16 / Eds. R. Seltmann, A. Borisenko, G. Fedoseev. – London: CERCAMS/NHM - 2007. – P. 141–153.
105. Hanley J.J., Mungall J.E., Spooner E.T.C. Fluid and melt inclusion evidence for platinum-group element transport by high salinity fluids and halide melts below the J-M reef, Stillwater Complex, Montana, USA // *Extended abstracts of the X International Platinum Symposium*. Oulu, Finland. - 2005. - P.94-97.

106. Heinrich C.A., Gunter D., Audetat A., Ulrich T., Frischknecht R. Metal fractionation between magmatic brine and vapor, determined by microanalysis of fluid inclusions // *Geology*. - 1999. - V.27. - P.755-758.
107. Holub F.V. Petrogenetic Diversity and Petrographic Convergence of Some Spheroidal Structures in Mafic Intrusive Rocks. // *GeoLines*. - 2004. - V.17. - P.40-41.
108. Huang Z., Liu C., Xiao H., Han R., Xu C., Li W., Zhong K. Study on the carbonate ocelli-bearing lamprophyre dykes in the Aliaoshan gold deposit zone, Yunnan Province. // *Science of China (Series D)*. - 2002 - V.45, №6. - P.494-502.
109. Jargalaan S., Fujimaki H., Ohba T. Petrologic characteristics and Rb-Sr age dating of lamprophyre dykes of Tsagaan Uul gold deposit, Mongolia [J]. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*. 2007. – V.102, №3. – P.163-173.
110. Kruk N.N., Rudnev S.N., Vladimirov A.G., Shokalsky S.P., Kovach V.P., Serov P.A., Volkova N.I. Early-Middle Paleozoic granitoids in Gorny Altai, Russia: Implications for continental crust history and magma sources // *Journal of Asian Earth Sciences*. - 2011. - V. 42, № 5. - P. 928-948.
111. Liu Chang, Zhao ZeHui, Guo Zhaolie Chronology and geochemistry of lamprophyre dykes from Beishan area // *Acta Petrologica Sinica*. - 2006. - V.22, №5. - P.1294-1306.
112. Mantle xenolites from the Meso-Cenozoic volcanic pipes of Khakassia // *Field guide book*. Novosibirsk. - 1995.
113. McDonough W.F., Sun S., Ringwood E.A. K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle // *Geochim. Cosmochem. Acta*. 1991.
114. Miller C., Schuster R., Klotzi U., Frank W., Purtscheller F. Post-collisional potassic and ultrapotassic magmatism in SW Tibet^ geochemical and Sr-Nd-Pb-O isotopic constraints for mantle source characteristics and petrogenesis. // *Journal of petrology*. - 1999. - V40, №9. - P.1399-1424.
115. Mitchel R.H. The lamprophyre facies Mineralogy and Petrology. - 1994. - V.51. - P.137-146.
116. Morimoto N., Fabries J., Ferguson A.K., Ginzburg I.V., Ross V., Seifert F.A., Zussman J. Nomenclature of pyroxenes. // *American Mineralogist*. - 1988. - V.73. - P.1123-1133.

117. Nédli, Z.; Tóth, T.M.; Downes, Hilary; Császár, G.; Beard, Andrew D. and Szabó, C. Petrology and geodynamical interpretation of mantle xenoliths from late Cretaceous lamprophyres, Villány Mts (S Hungary) Tectonophysics. 2010. - V.489 (1-4). - P.43-54.
118. Nemec D. Orthopyroxene minettes and lamproites: their status and genetic significance // Geol Rundsch. - 1993 - V.82. - P.631-639.
119. Panina L.I. Multiphase carbonate-salt immiscibility in carbonatemelts: data on melt inclusions from the Krestovskiy massif minerals (Polar Siberia) // Contr.Mineral.Petrol. - 2005. - V.150. - P.19-36.
120. Pavlova G.G., Borisenko A.S., Seifert Th. Relationships between Sn-W(Mo) and Ag-Sb-base metal mineralization in the Sn-Ag ore districts of Eurasia. In: Large Igneous Provinces of Asia, Mantle Plumes and Metallogeny. Proceedings of International Symposium. Novosibirsk, Russia. 2009. Sibprint. P. 238-242.
121. Philpotts, A. R. Silicate liquid immiscibility - its probable extent and petrogenetic significance. // American journal of science. - 1976. -V.276, № 9. - P.1147-1177.
122. Pla Cid J., Campos C.S., Nardi L.V.S., Florisbal L. Petrology of Gameleira Potassic Lamprophyres, Sao Francisco Craton. Annals of the Brazilian Academy of Sciences. - 2012. - V.84, №2. - P. 377-398.
123. Reyf F.G. Immiscible phases of magmatic fluid and their relation to Be and Mo mineralization at the Yermakovka F-Be deposit, Transbaikalia, Russia // Chemical Geology. - 2004. - V. 21. - P. 49–71.
124. Rusk, B., Reed, M., Dilles, J.H., Klemm, L, and Heinrich, C. Compositions of magmatic hydrothermal fluids determined by LA-ICP-MS of fluid inclusions from the porphyry copper-molybdenum deposit at Butte, Montana // Chemical Geology. - 2004. - V. 210. - P. 173-199.
125. Seifert Th. Metallogeny and Petrogenesis of Lamprophyres in the Mid-European Variscides. Post-collision magmatism and its relationship to Late-Variscan ore forming processes in the Erzgebirge (Bohemian massif) // IOSPressMillpress. - 2009. - 304p.

126. Sharygin V.V., Kamenetsky V.S., Zaitsev A.N., Kamenetsky M.B. Silicate-carbonate liquid immiscibility in peralkaline nephelinite melt: the Oldoinyo Lengai Case, Tanzania // Abstract of ACROFI III and TBG XIV, Novosibirsk, 15-20 September, 2010 / IGM SB RAS. – Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. - 2010. – P. 204-205.
127. Tuan Anh, Tran Trong Hoa, A.E. Izokh, A.S. Borisenko, A.V. Travin Permo-Triassic post-orogenic lamprophyre of South Central Vietnam: evidence of the ending of the indosinian orogeny and crust-mantle interactions. // Materials of the international Symposium: “Large igneous provinces of Asia, mantle plumes and metallogeny”, Novosibirsk, Russia, 13-16 August, 2007. - P.14-23.
128. Ulrich, T., Günther, D., and Heinrich, C.A. Gold concentrations of magmatic brines and the metal budget of porphyry copper deposits: Nature. -1999. - V.399. - P. 676–679.
129. Williams-Jones A.E. Heinrich C.A. Vapor transport of metals and the formation of magmatic-hydrothermal ore deposits // Econ. Geol. - 2005. - V. 100. - P. 1287–1312.
130. Zhitova L.V., Borisenko A.S., Borovikov A.A. The Bushveld Complex magmatogene fluids: evolution from the Merensky Reef to latest Qtz-Fsp pegmatite veins // 21st Colloquium of African Geology (Maputo, Mozambique, 2.7 July, 2006): Abstract Book. Maputo, Mozambique. - 2006. - P. 178.180.

Электронные ресурсы.

131. <http://earthref.org/KDD/>

Фондовая литература.

132. Борисенко А.А., Ковалёв К.Р., Росляков Н.В., Бабич В.В. и др. Научное обоснование прогноза новых нетрадиционных типов золотого оруденения в Западной части Алтае-Саянской складчатой области. // Новосибирск, фонды ИГМ СО РАН. – 2001. - 371с.
133. Борисенко А.С., Оболенский А.А., Лебедев В.И., Оболенская Р.В., Боровиков А.А., Павлова Г.Г., Пospelова Л.Н. Мезозойская металлогения северо-западной монголии (Отчёт Металлогенического отряда о работах в 1982-1985 гг.) // Новосибирск, фонды ИГМ СО РАН. - 1986г. -348с.

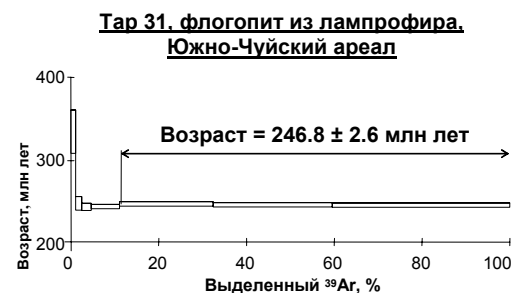
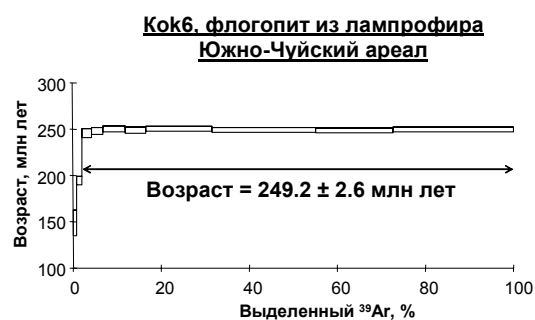
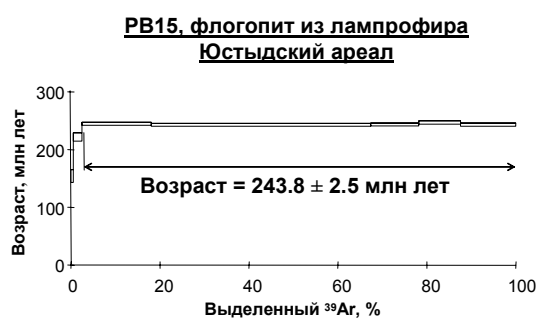
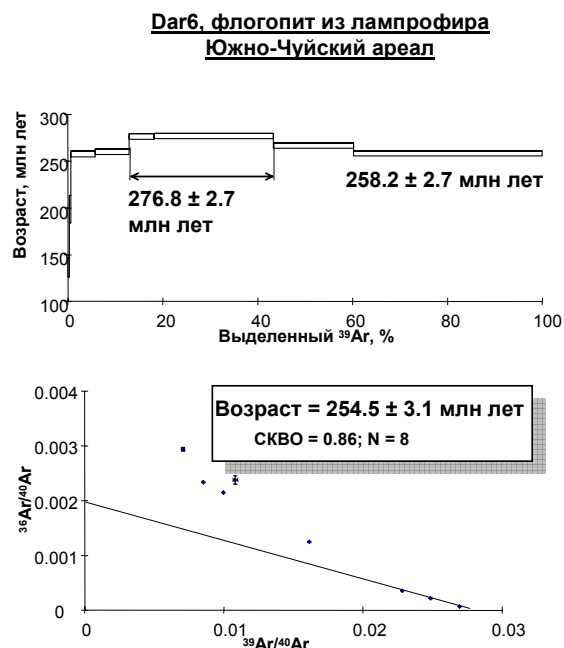
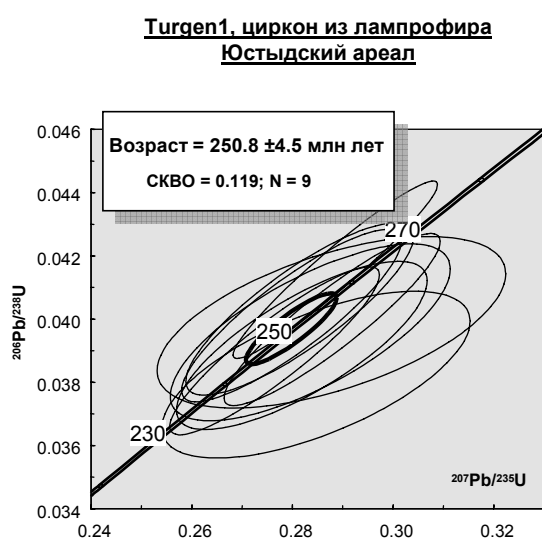
134. Владимиров А.Г., Руднев С.Н., Крук Н.Н., Владимиров В.Г., Титов А.В., Бабин Г.А. Сводный отчёт "Изотопное датирование рудоносных магматических и метаморфических комплексов Алтае-Саянской складчатой области для Госгеолкарты - 1000 по результатам работ за период с 1.01.1999г. - 31.12.2001г. // Книга I "Салаир, Рудный Алтай, Горный Алтай и зона его сочленения с Западным Саяном", Новосибирск. - 2002.
135. Гусев Н.И., Бедарев Н.П., Гутак Я.М., Пономарёв А.Л., Русанов Г.Г., Киселёв Е.А. Геологическое строение и полезные ископаемые Курайской рудной зоны в Горном Алтае. Отчёт Чуйской партии о результатах геологического доизучения площадей масштаба 1:50000, проведёного в 1983-1991 г. в Курайской рудной зоны в Горного Алтая (в 5 книгах). Листы М-45-56-В,Г; -68-А, Б, Г; -69; -70-В, Г. Т. 1 и 2. // ТГФ, Горно-Алтайск. - 1991.
136. Иванов В.А., Банников А.Н., Крупчатников В.И. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Калгутинского рудного узла. Отчёт Аргутской партии о результатах геологической съёмки (листы М-45-92-Б, Г; М-45-105-А) и геологической доизученности (листы М-45-93-А, В) масштаба 1:50 000, проведённых в 1986-1990 гг., в юго-восточной части Горного алтая. Т.1 и 2. // ТГФ, Горно-Алтайск. - 1990.
137. Крупчатников В.И., Банников А.Н., Винокурова Г.А., Достовалова М.С., Кудрявцева Т.Н., Томилов В.В. Геологическое строение и полезныне ископаемые бассейнов рек Чаган-Бургазы и Богуты. Отчёт Бугузунской партии о результатах геологической съёмки (листы М-45-82-В, Г; М-45-83-В; М-45-94-А, Б, В, Г; М-45-84-В) и геологического доизучения (листы М-45-83-Г; М-45-84-В; М-45-95-Б) масштаба 1:50 000, проведённых в 1978-1993 гг. в юго-восточной части Горного Алтая (в 4-х книгах). // ГАЭ, Малоенисейское - 1993.
138. Лашков Е.М., Орешкин Б.А., Гребеньков В.С., Лашкова Л.Н., Шубин Н.А. Геологическое строение и полезные ископаемые территории листов М-45-93-А, М-45-93-Б и северной части листа М-45-93-Г (юго-восточная часть Горного Алтая) // Отчёт Джасатерской партии по поисково-съёмочным работам масштаба 1:50000 за 1959-1961 гг. С.Курай. – 1962.
139. Лашков Е.М., Хворов М.И., Хворова Р.П., Орешкин Б.А., Гребеньков В.С., Лашкова Л.Н. Геологическое строение и полезные ископаемые бассейна рек Чаган-Бургазы и верховий р. Жумалы (ЮВ часть) // Отчёт Джасатерской партии по поисково-съёмочным работам масштаба 1:50000 за 1960-1962гг. С.Курай. – 1963.

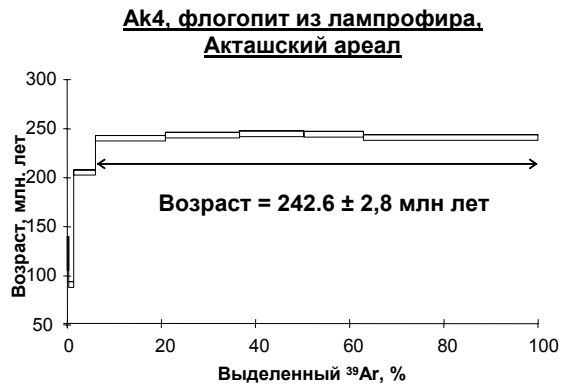
140. Пономарёв А.Л., Крупчатников В.И., Русанов Г.Г. и др. Объяснительная записка государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000, издание второе, серия Горно-Алтайская, листы М-45-XXIII, М-45-XXIX. // Санкт-Петербург. - 2010.
141. Федосеев Г.С., Сотников В.И., Рихванов Л.П. Геохимия и геохронология пермоториасовых базитов северо-западной части Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика. - 2005. - Т. 46 (3). - С. 289—302.
142. Черноморский М.А., Мусиенко .В., Трифонов Н.П., Раковец О.А. Геологическая карта ССР масштаба 1:200 000. Серия Горно-Алтайская. Листы М-45-XXIII, XXIX. Объяснительная записка // М.: Недра. - 1965. - 80с.

Приложение 1. Возрастные характеристики даек чуйского комплекса, пород Тархатинского массива и сопутствующего им оруденения.

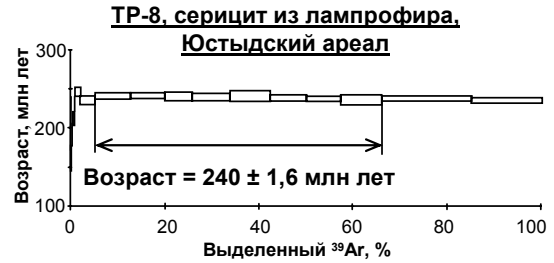
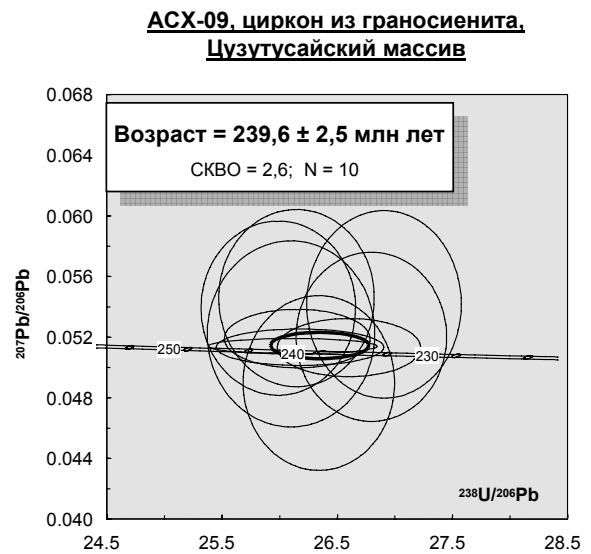
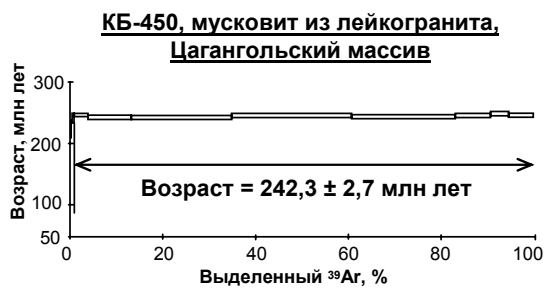
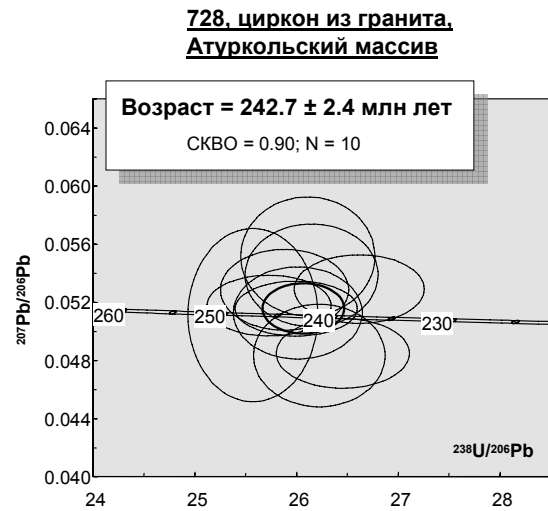
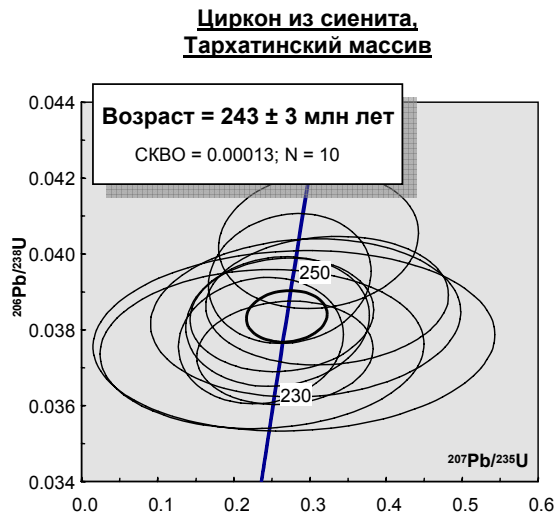
Данные получены по образцам автора и с использованием коллекции образцов лаборатории рудно-магматических систем и металлогении, ИГМ СО РАН.

Лампрофиры. Первый этап.



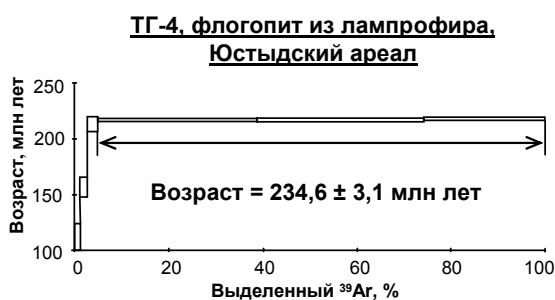
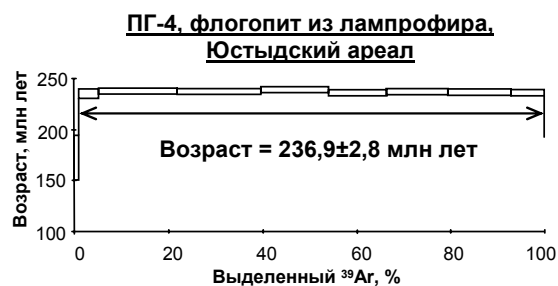
Продолжение приложения 1.

**Оруденение: Аg-Sb
месторождение Асгат, уч.
Турген**

**Гранитоидные интрузии.**

Продолжение приложения 1.

Лампрофиры. Второй этап.



Оруденение.

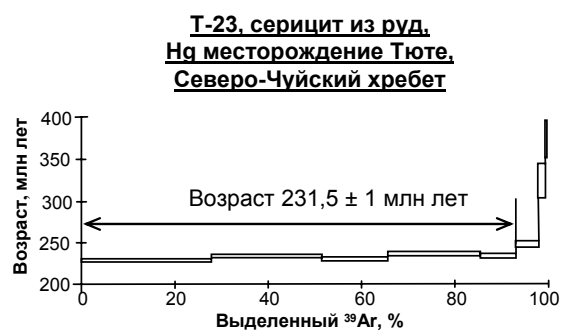
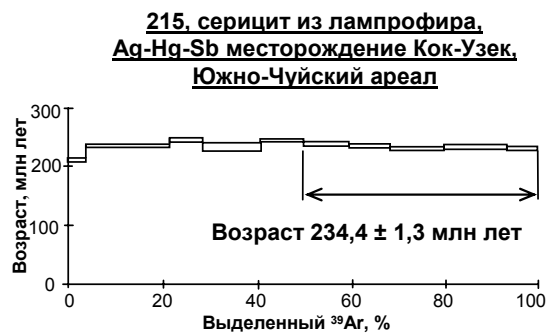


Таблица 3.1 Состав слюд лампрофиров чуйского комплекса и пород Тархатинского массива

Ареал	Акташский										Южно-Чуйский									
	Лампрофиды																			
	АК1	АК1	АК1	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2
Порода	АК1	АК1	АК1	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2
Образец	АК1	АК1	АК1	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2	АК2
Название минерала	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl
Позиция	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край
Номер зерна	130	130	132	118	118	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126
состав в оксидах (вес.%)																				
SiO ₂	40.01	41.07	39.71	39.04	39.79	37.80	37.80	38.64	37.13	38.09	40.09	40.36	40.10	39.91	40.18	40.62	40.60	38.71	39.68	39.68
TiO ₂	2.26	2.02	2.32	3.51	2.25	4.03	4.03	3.79	4.54	3.81	2.21	1.74	2.42	1.54	1.82	2.21	2.34	3.00	2.95	2.95
Al ₂ O ₃	12.54	12.34	12.04	12.39	12.32	11.49	12.71	12.60	12.91	12.75	11.89	12.20	11.66	12.60	12.29	12.00	12.12	12.84	12.56	12.56
Cr ₂ O ₃	0.15	0.33	0.17	0.02	0.09	0.03	1.03	0.87	0.75	0.11	0.14	0.03	0.28	1.37	0.14	1.03	0.62	1.79	1.78	1.78
MgO	24.18	24.59	21.87	21.60	24.38	17.05	24.19	24.11	24.08	18.03	17.46	23.99	23.88	24.71	25.09	25.02	25.24	23.15	22.96	22.96
BaO	0.04	0.05	0.04	0.10	0.04	0.14	0.23	0.27	0.24	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
FeO	5.02	4.86	7.80	7.99	5.58	13.84	4.06	4.42	12.80	12.52	11.33	3.84	4.57	3.19	4.67	3.31	3.54	3.82	3.89	3.89
MnO	0.04	0.02	0.06	0.06	0.03	0.19	0.02	0.03	0.03	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
NiO	0.09	0.12	0.07	0.07	0.08	н.п.о.	0.88	0.08	0.08	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
K ₂ O	9.43	9.76	9.57	9.09	9.22	9.11	9.88	9.84	9.79	9.31	9.14	10.06	9.80	10.11	9.68	10.14	10.20	10.07	9.80	9.80
Na ₂ O	0.10	0.07	0.28	0.18	0.11	0.28	0.04	0.04	0.01	0.12	0.21	0.13	0.10	0.08	0.22	0.10	0.08	0.10	0.14	0.14
F	1.79	1.68	2.04	1.48	1.69	2.06	1.38	1.55	1.50	1.84	2.26	2.46	2.39	1.67	1.74	2.34	2.48	1.55	1.51	1.51
Cl	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.03	н.п.о.	н.п.о.	0.03	н.п.о.	0.02	0.21	0.09	0.10	0.02	0.04	0.02	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Сумма	95.66	96.92	95.99	95.55	95.60	96.04	95.61	95.15	95.79	97.28	95.62	95.95	95.80	95.13	95.89	96.80	97.27	95.04	96.20	96.20
состав в катионах (нормировано на 110, 8 катионов)																				
Si	2.93	2.96	2.95	2.91	2.92	2.91	2.92	2.91	2.91	2.91	2.85	2.89	2.97	2.92	2.92	2.94	2.93	2.86	2.93	2.93
Ti	0.12	0.11	0.13	0.20	0.12	0.23	0.11	0.11	0.11	0.21	0.26	0.22	0.10	0.13	0.08	0.12	0.13	0.17	0.16	0.16
Al	1.08	1.05	1.05	1.09	1.06	1.04	1.09	1.09	1.11	1.13	1.15	1.13	1.06	1.02	1.09	1.02	1.03	1.12	1.09	1.09
Cr	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06	0.05	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.08	0.06	0.04	0.10	0.10	0.10
Fe ²⁺	0.31	0.29	0.48	0.50	0.34	0.89	0.25	0.25	0.27	0.81	0.80	0.72	0.22	0.28	0.19	0.28	0.20	0.24	0.24	0.24
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.64	2.65	2.42	2.40	2.66	1.96	2.63	2.64	2.62	2.02	2.00	2.10	2.70	2.64	2.69	2.71	2.70	2.71	2.55	2.53
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.01	0.04	0.03	0.02	0.04	0.01	0.01	0.00	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
K	0.88	0.90	0.91	0.86	0.86	0.90	0.92	0.92	0.91	0.89	0.89	0.91	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.95	0.92	0.92
Ni	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.41	0.38	0.48	0.35	0.39	0.50	0.32	0.36	0.36	0.36	0.38	0.44	0.57	0.56	0.39	0.40	0.54	0.36	0.35	0.35
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	1.59	1.62	1.52	1.65	1.61	1.50	1.68	1.64	1.64	1.62	1.61	1.54	1.43	1.43	1.61	1.60	1.46	1.43	1.64	1.65
#mg	89.57	90.02	83.32	82.81	88.62	68.70	91.39	91.48	90.66	71.51	71.31	74.49	91.97	92.43	93.24	93.09	92.70	91.52	91.32	91.32

Ареал	Южно-Чуйский																		
Порода	Лампрофиды																		
Образец	T16	TarL1	TarL1	Dar3	Dar3	Dar5	Dar5	T31	T31	T31	T23	T23	T23	T31	T31	T31	T19	T19	T12
Название минерала	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi
Позиция	ом	край	край	центр	ом	край	край	центр	ом	край	центр	край	центр	ом	край	центр	край	центр	край
Номер зерна	271	286	287	340	340	346	346	353	353	354	359	359	360	377	377	377	397	397	399
состав в оксидах (вес.%)																			
SiO2	39.55	40.35	40.50	39.94	40.44	39.70	39.37	39.59	36.64	36.59	36.64	39.86	40.12	40.92	41.40	40.70	41.17	40.99	37.28
TiO2	3.74	2.00	2.49	2.49	2.51	2.60	1.75	1.62	5.00	5.08	5.35	2.65	2.50	3.14	2.09	2.20	2.59	2.63	4.26
Al2O3	11.80	11.95	11.55	13.54	13.90	13.60	13.18	13.88	15.05	15.22	14.70	13.83	14.02	13.37	12.02	11.77	12.44	12.39	12.89
Cr2O3	н.п.о.	0.50	0.10	0.68	0.97	0.89	1.95	2.46	0.05	0.03	0.03	1.83	1.52	0.71	0.35	0.28	0.20	0.51	0.11
MgO	23.42	24.66	24.08	22.73	22.52	22.28	22.87	22.87	17.08	17.01	16.93	23.08	23.10	23.44	24.64	24.45	24.17	23.87	16.61
BaO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
FeO	5.53	3.66	4.63	6.52	6.42	6.18	4.60	4.30	11.38	11.19	11.42	4.55	4.36	5.44	4.35	4.02	4.46	4.29	14.06
MnO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.04	0.03	0.05	0.04	н.п.о.	0.05	0.07	0.08	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.02	0.15
NiO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
K2O	9.69	9.79	9.77	8.46	9.22	9.17	10.37	10.44	9.34	9.38	9.49	10.17	10.52	9.80	9.64	9.68	9.58	9.95	8.65
Na2O	0.19	0.12	0.18	0.26	0.33	0.29	0.15	0.16	0.52	0.47	0.49	0.18	0.14	0.22	0.08	0.08	0.17	0.12	0.14
F	1.41	2.03	2.11	1.27	1.27	1.44	1.12	1.09	0.63	0.82	0.76	1.39	1.33	1.32	2.15	2.15	1.40	1.36	1.18
Cl	0.05	0.05	0.06	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.02	0.02	н.п.о.	0.02	0.04	н.п.о.	0.05	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Сумма	95.40	95.11	95.53	96.02	97.65	96.23	95.42	96.46	95.80	95.91	95.93	97.64	97.63	98.50	96.75	95.35	96.27	96.20	95.36
состав в катионах (нормировано на 110, 8 катионов)																			
Si	2.92	2.97	2.98	2.93	2.92	2.91	2.88	2.87	2.76	2.76	2.77	2.87	2.88	2.92	3.00	2.99	2.99	2.98	2.88
Ti	0.21	0.11	0.14	0.14	0.14	0.14	0.10	0.09	0.28	0.29	0.30	0.14	0.13	0.17	0.11	0.12	0.14	0.14	0.25
Al	1.03	1.04	1.00	1.17	1.18	1.18	1.14	1.19	1.34	1.35	1.31	1.17	1.19	1.13	1.03	1.02	1.06	1.06	1.17
Cr	0.00	0.03	0.01	0.04	0.06	0.05	0.11	0.14	0.00	0.00	0.00	0.10	0.09	0.04	0.02	0.02	0.01	0.03	0.01
Fe2+	0.34	0.22	0.29	0.40	0.39	0.38	0.28	0.26	0.72	0.71	0.72	0.27	0.26	0.32	0.26	0.25	0.27	0.26	0.91
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Mg	2.57	2.70	2.64	2.49	2.42	2.44	2.50	2.47	1.92	1.91	1.91	2.48	2.47	2.49	2.67	2.68	2.61	2.59	1.91
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.02	0.02	0.08	0.07	0.07	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
K	0.91	0.92	0.92	0.79	0.85	0.86	0.97	0.96	0.90	0.90	0.91	0.93	0.96	0.89	0.89	0.91	0.89	0.92	0.85
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.33	0.47	0.49	0.29	0.29	0.33	0.26	0.25	0.15	0.19	0.18	0.32	0.30	0.30	0.49	0.50	0.32	0.31	0.29
Cl	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	1.66	1.52	1.50	1.70	1.71	1.67	1.74	1.75	1.85	1.81	1.82	1.68	1.70	1.70	1.51	1.50	1.68	1.69	1.71
#mg	88.30	92.31	90.26	86.13	86.21	86.53	89.86	90.46	72.79	73.04	72.54	90.04	90.42	88.48	90.99	91.55	90.62	90.84	67.80

Продолжение Таблицы 3.1

Ареал		Южно-Чуйский лампрофиты															
Порода																	
Образец		T12	T24	T24	T15	T15	T15	T15	Irb3	Irb3	Dar6	Dar6	T16	T16	Tar2	Tar2	Tar1
Название		Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl
минерала		центр	край	центр	ом	центр	ом	центр	ом	край	центр	край	край	центр	ом	центр	край
Позиция		399	405	405	412	412	413	413	416	417	421	421	395	395	95	99	111
Номер		399	405	405	412	412	413	413	416	417	421	421	395	395	95	99	111
зерна		399	405	405	412	412	413	413	416	417	421	421	395	395	95	99	111
состав в оксидах (вес.%)																	
SiO ₂		38.51	40.14	39.79	40.73	40.52	40.62	42.15	40.89	41.01	40.89	41.30	39.95	41.40	39.48	37.79	40.35
TiO ₂		4.14	1.89	1.74	2.35	2.71	2.97	2.94	1.49	0.79	1.55	1.65	3.11	2.75	2.35	3.70	1.60
Al ₂ O ₃		12.61	12.97	14.43	12.64	12.70	12.75	12.27	13.89	13.02	13.30	13.50	12.49	11.90	12.94	12.98	12.57
Cr ₂ O ₃		0.27	1.02	0.28	0.22	0.81	0.77	0.30	0.56	1.07	0.56	0.50	1.98	0.75	0.57	0.08	0.10
MgO		16.63	24.28	23.63	24.54	23.62	23.69	24.17	24.19	24.49	24.20	24.12	22.77	23.73	20.97	17.67	24.68
BaO		не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
FeO		13.65	4.07	4.16	4.98	3.94	4.09	4.73	4.29	3.75	4.59	4.38	4.13	4.25	8.18	11.71	4.16
MnO		0.12	0.02	0.05	0.03	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.00	0.02	н.п.о.	н.п.о.	0.07	0.11	н.п.о.
NiO		не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0.14	0.08	0.10
K ₂ O		8.61	9.66	9.96	8.03	9.67	9.70	9.30	9.90	9.69	8.89	9.92	10.07	10.43	8.40	8.68	9.68
Na ₂ O		0.14	0.07	0.06	0.06	0.03	0.08	0.13	0.03	0.63	0.08	0.06	0.10	0.07	0.15	0.14	0.16
F		1.00	1.80	1.60	1.75	1.58	1.60	1.62	1.07	1.20	0.92	0.81	1.61	1.59	2.82	2.10	1.90
Cl		0.02	н.п.о.	н.п.о.	0.03	н.п.о.	н.п.о.	0.04	н.п.о.	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.15	0.28	н.п.о.
Сумма		95.69	95.97	95.74	95.60	95.62	96.28	97.71	96.35	95.10	95.24	96.30	96.28	96.91	96.19	95.01	95.39
состав в катионах (нормировано на 110, 8 катионов)																	
Si		2.95	2.93	2.90	3.00	2.97	2.96	3.03	2.94	2.99	2.99	2.97	2.93	3.00	2.96	2.93	2.95
Ti		0.24	0.10	0.10	0.13	0.15	0.16	0.16	0.08	0.04	0.09	0.09	0.17	0.15	0.13	0.22	0.09
Al		1.14	1.11	1.24	1.10	1.10	1.10	1.04	1.18	1.12	1.14	1.14	1.08	1.02	1.15	1.19	1.08
Cr		0.02	0.06	0.02	0.01	0.05	0.04	0.02	0.03	0.06	0.03	0.03	0.11	0.04	0.03	0.00	0.01
Fe ²⁺		0.88	0.25	0.25	0.31	0.24	0.25	0.28	0.26	0.23	0.28	0.26	0.25	0.26	0.44	0.51	0.23
Mn		0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Mg		1.90	2.64	2.56	2.69	2.58	2.57	2.59	2.59	2.66	2.63	2.58	2.49	2.56	2.42	2.35	2.69
Ba		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na		0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
K		0.84	0.90	0.93	0.75	0.90	0.90	0.85	0.91	0.90	0.83	0.91	0.94	0.96	0.83	0.83	0.90
Ni		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
F		0.24	0.42	0.37	0.41	0.37	0.37	0.37	0.24	0.28	0.21	0.18	0.37	0.36	0.70	0.67	0.41
Cl		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00
OH*		1.75	1.58	1.63	1.59	1.63	1.63	1.63	1.76	1.72	1.79	1.82	1.63	1.64	1.31	1.45	1.56
#mg		68.46	91.40	91.01	89.78	91.44	91.17	90.10	90.95	92.09	90.38	90.75	90.76	90.87	84.55	72.89	91.36

Ареал		Южно-Чуйский															
Порода		Лампрофиры															
Образец		Tar1	T17	T17	Tar4	Tar4	Tar4	Tar7	Tar7	Tar9	Tar9	T15	Tar5	Tar5	T21/1	T21/1	
Название минерала		Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	
Позиция		ом	центр	край	край	ом	центр	край	ом	центр	ом	край	край	центр	ом	центр	
Номер зерна		113	240	240	242	246	247	248	248	249	250	253	268	272	274	357	
состав в оксидах (вес.%)																	
SiO2		39.80	39.64	40.37	37.76	40.42	40.08	39.67	39.99	39.96	41.24	38.69	38.46	40.24	40.07	37.60	40.91
TiO2		2.29	2.82	2.74	4.04	1.91	3.04	2.76	1.96	1.88	2.46	2.34	3.51	1.90	2.09	3.45	3.30
Al2O3		11.95	13.09	12.88	11.37	12.61	11.73	11.74	12.67	12.74	11.81	13.49	12.38	11.89	12.18	11.20	12.36
Cr2O3		0.04	1.40	0.49	н.п.о.	1.24	0.00	н.п.о.	1.79	1.63	0.08	1.66	0.02	0.43	н.п.о.	н.п.о.	0.97
MgO		23.51	23.08	24.04	17.49	24.83	23.70	22.28	24.45	24.30	24.83	23.54	21.77	25.36	23.76	18.84	22.75
BaO		не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
FeO		6.07	4.02	4.42	13.98	3.53	5.95	7.85	3.48	3.35	5.38	5.16	8.16	3.41	5.62	13.41	5.00
MnO		н.п.о.	н.п.о.	0.03	0.13	н.п.о.	0.02	0.05	н.п.о.	н.п.о.	0.02	н.п.о.	0.03	н.п.о.	н.п.о.	0.10	н.п.о.
NiO		0.04	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
K2O		9.43	9.84	9.81	9.07	10.07	9.93	9.69	10.21	10.11	9.92	9.42	9.49	9.93	9.47	9.97	10.37
Na2O		0.16	0.11	0.13	0.30	0.10	0.12	0.08	0.09	0.07	0.11	0.11	0.18	0.21	0.30	0.06	0.16
F		1.95	1.29	1.45	1.43	1.96	1.86	1.28	1.89	1.93	1.65	1.41	1.79	2.22	2.32	1.94	1.12
Cl		0.04	н.п.о.	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.08	0.07	н.п.о.	0.02
Сумма		95.33	95.34	96.41	95.68	96.68	96.43	95.44	96.55	95.99	97.54	95.86	96.16	95.19	95.46	95.62	97.31
состав в катионах (нормировано на 110, 8 катионов)																	
Si		2.94	2.91	2.93	2.90	2.92	2.93	2.94	2.90	2.91	2.96	2.83	2.86	2.92	2.95	2.91	2.87
Ti		0.13	0.16	0.15	0.23	0.10	0.17	0.15	0.11	0.10	0.13	0.13	0.20	0.10	0.14	0.10	0.18
Al		1.04	1.13	1.10	1.03	1.07	1.01	1.03	1.08	1.09	1.00	1.16	1.09	1.03	1.00	1.04	1.01
Cr		0.00	0.08	0.03	0.00	0.07	0.00	0.00	0.10	0.09	0.00	0.10	0.00	0.02	0.00	0.02	0.06
Fe2+		0.38	0.25	0.27	0.90	0.21	0.36	0.49	0.21	0.20	0.32	0.32	0.51	0.21	0.35	0.20	0.24
Mn		0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Mg		2.59	2.53	2.60	2.00	2.67	2.58	2.46	2.64	2.64	2.66	2.57	2.42	2.77	2.62	2.71	2.74
Ba		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na		0.02	0.02	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.01	0.01
K		0.89	0.92	0.91	0.89	0.93	0.93	0.92	0.94	0.94	0.91	0.88	0.90	0.93	0.89	0.92	0.91
Ni		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F		0.46	0.30	0.33	0.35	0.45	0.43	0.30	0.43	0.45	0.37	0.33	0.42	0.51	0.54	0.45	0.27
Cl		0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
OH*		1.54	1.70	1.67	1.65	1.55	1.57	1.70	1.56	1.55	1.63	1.67	1.58	1.48	1.45	1.55	1.60
#mg		87.34	91.10	90.65	69.03	92.61	87.65	83.49	92.60	92.82	89.16	89.05	82.62	92.98	88.28	93.13	92.09

Ареал	Южно-Чуйский																	
Порода	Лампрофиры																	
Образец	T21/1	T27	T27	T27	T22	T22	T22	T28	T28	T8	T8	T8	T23	T23	T23	T25	T25	T25
Название минерала	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi
Позиция	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край
Номер зерна	358	373	373	374	389	389	390	391	391	392	393	393	394	401	401	402	409	410
состав в оксидах (вес.%)																		
SiO2	40.66	41.34	40.77	40.10	40.00	40.08	40.78	40.53	41.19	40.70	40.82	41.82	40.44	40.69	41.39	40.93	40.75	40.80
TiO2	4.26	2.04	2.24	2.86	2.00	2.01	2.03	1.95	1.94	2.49	2.76	2.74	3.45	1.45	1.72	2.48	1.93	2.19
Al2O3	11.27	12.72	13.34	11.78	13.99	12.15	12.67	12.24	12.38	14.09	12.29	12.40	12.00	12.28	11.50	11.03	12.86	12.45
Cr2O3	0.02	0.82	1.05	0.05	0.23	0.40	0.88	1.05	1.16	0.01	1.43	1.12	0.02	1.42	0.13	0.02	0.79	0.79
MgO	21.76	24.35	24.20	23.83	23.38	23.87	22.21	24.49	24.45	22.11	23.85	24.40	21.07	24.90	24.92	23.87	24.58	24.75
BaO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
FeO	7.66	3.95	3.96	6.80	5.02	4.97	6.99	3.70	3.71	5.99	3.84	3.77	8.83	3.09	4.01	5.56	3.72	4.06
MnO	0.04	0.03	н.п.о.	0.05	0.03	н.п.о.	0.05	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.02	н.п.о.	0.06	н.п.о.	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.
NiO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
K2O	10.02	10.13	10.47	9.10	10.19	10.05	9.37	10.46	10.07	8.79	10.32	10.46	10.04	10.39	9.56	9.40	10.03	9.77
Na2O	0.20	0.15	0.11	0.20	0.13	0.20	0.18	0.13	0.06	0.12	0.06	0.03	0.13	0.04	0.05	0.06	0.02	0.10
F	1.48	1.45	1.31	1.55	1.22	1.50	1.51	1.85	1.89	2.39	1.66	1.65	1.17	2.08	2.27	2.05	1.79	2.10
Cl	0.04	0.02	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.02	н.п.о.	0.03	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Сумма	97.45	97.04	97.49	96.45	96.22	95.30	96.72	96.43	96.86	96.79	97.07	98.46	97.25	96.35	95.63	95.51	96.49	97.07
состав в катионах (нормировано на 11O, 8 катионов)																		
Si	2.98	2.97	2.91	2.93	2.90	2.94	2.99	2.94	2.98	3.00	2.95	2.98	2.97	2.95	3.03	3.03	2.95	2.96
Ti	0.23	0.11	0.12	0.16	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.14	0.15	0.15	0.19	0.08	0.09	0.14	0.11	0.12
Al	0.97	1.08	1.12	1.02	1.19	1.05	1.09	1.05	1.05	1.22	1.05	1.04	1.04	1.05	0.99	0.96	1.10	1.06
Cr	0.00	0.05	0.06	0.00	0.01	0.02	0.05	0.06	0.07	0.00	0.08	0.06	0.00	0.08	0.01	0.00	0.05	0.00
Fe2+	0.47	0.24	0.24	0.42	0.30	0.30	0.43	0.22	0.22	0.37	0.23	0.22	0.54	0.19	0.25	0.34	0.23	0.25
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	2.38	2.61	2.58	2.60	2.52	2.61	2.42	2.64	2.63	2.43	2.57	2.59	2.30	2.69	2.72	2.63	2.65	2.67
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01
K	0.94	0.93	0.95	0.85	0.94	0.94	0.88	0.97	0.93	0.83	0.95	0.95	0.94	0.96	0.89	0.89	0.93	0.90
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.34	0.33	0.30	0.36	0.28	0.35	0.35	0.42	0.43	0.56	0.38	0.37	0.27	0.48	0.53	0.48	0.41	0.48
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
OH*	1.65	1.67	1.70	1.64	1.72	1.65	1.65	1.57	1.57	1.44	1.62	1.63	1.73	1.52	1.47	1.52	1.59	1.52
#mg	83.50	91.66	91.59	86.20	89.25	89.54	84.99	92.18	92.15	86.80	91.71	92.02	80.96	93.49	91.72	88.44	92.17	91.57
																		85.73

Продолжение Таблицы 3.1

Ареал	Южно-Чуйский																		
	Лампрофиры										Сиениты Гархатинского массива								
Порода	T21	T21	T21	T21	T21	T21	T21	T21	T21	T21	TarM5	TarM5	TarM5	TarM2	TarM2	TarM2	TM3	TM3	TM3
Образец	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl
Название минерала	центр	край	ом	центр	центр	край	ом	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl
Позиция	центр	край	ом	центр	центр	край	ом	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl
Номер зерна	414	414	415	345	345	344	267	267	230	230	200	205	205	205	282	282	285	285	371
состав в оксидах (вес.%)																			
SiO ₂	41.48	41.01	41.91	39.63	40.24	41.34	39.32	39.41	37.06	37.99	41.60	39.76	41.03	40.14	37.40	37.30	38.80	37.71	39.25
TiO ₂	1.11	1.42	2.03	1.88	1.88	2.06	3.09	2.21	0.54	1.88	2.66	2.10	2.05	2.26	3.50	3.62	4.58	5.37	5.00
Al ₂ O ₃	12.58	12.60	11.70	14.24	14.34	12.27	11.83	12.33	18.11	16.17	11.08	12.35	12.97	16.44	12.70	12.83	12.20	12.73	12.38
Cr ₂ O ₃	1.16	1.24	0.02	1.59	1.55	0.12	н.п.о.	0.65	0.03	0.15	н.п.о.	0.27	н.п.о.	н.п.о.	0.05	0.04	0.06	0.09	0.06
MgO	25.26	25.01	24.52	22.94	23.69	23.98	23.60	24.85	20.63	22.60	24.72	24.26	24.23	12.51	16.12	16.28	18.57	17.92	18.71
BaO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0.45	н.п.о.	н.п.о.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
FeO	2.95	3.46	5.84	4.22	3.75	5.59	6.46	3.87	7.96	5.26	5.29	4.80	5.04	13.32	13.72	14.23	9.99	10.42	9.64
MnO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.03	н.п.о.	0.03	0.02	0.03	0.12	0.03	0.02	0.04	н.п.о.	0.03	0.25	0.20	0.04	0.05	0.04
NiO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0.08	н.п.о.	0.02	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
K ₂ O	9.89	9.88	9.39	10.53	10.12	9.90	9.58	9.63	10.22	10.13	9.78	9.60	10.06	9.98	9.42	9.47	9.31	9.11	9.56
Na ₂ O	0.04	0.13	0.16	0.11	0.16	0.20	0.25	0.24	0.14	0.10	0.16	0.17	0.22	0.31	0.17	0.19	0.18	0.29	0.20
F	1.18	1.27	1.47	1.25	1.43	1.74	1.62	1.89	1.79	2.09	1.86	1.51	1.59	0.55	1.81	1.99	1.83	1.83	1.70
Cl	н.п.о.	0.03	0.03	н.п.о.	0.02	0.02	0.04	0.08	н.п.о.	н.п.о.	0.02	0.03	0.02	0.23	0.12	0.11	0.08	0.05	0.08
Сумма	95.71	96.09	97.09	96.49	97.26	97.39	95.84	95.19	96.63	96.45	97.21	95.40	96.57	96.11	95.27	96.27	95.68	95.57	96.65
состав в катионах (нормировано на 110, 8 катионов)																			
Si	2.99	2.96	3.02	2.87	2.89	2.98	2.89	2.89	2.70	2.77	3.01	2.91	2.95	3.08	2.90	2.87	2.96	2.89	2.96
Ti	0.06	0.08	0.11	0.10	0.10	0.11	0.17	0.12	0.03	0.10	0.14	0.12	0.11	0.13	0.20	0.21	0.26	0.31	0.28
Al	1.07	1.07	0.99	1.22	1.21	1.04	1.02	1.07	1.56	1.39	0.94	1.07	1.10	1.49	1.16	1.16	1.10	1.15	1.10
Cr	0.07	0.07	0.00	0.09	0.09	0.01	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Fe ²⁺	0.18	0.21	0.35	0.26	0.23	0.34	0.40	0.24	0.49	0.32	0.32	0.29	0.30	0.85	0.89	0.92	0.64	0.67	0.61
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Mg	2.72	2.69	2.63	2.48	2.53	2.58	2.58	2.71	2.24	2.45	2.66	2.65	2.59	1.43	1.86	1.87	2.11	2.05	2.10
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Na	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
K	0.91	0.91	0.86	0.97	0.93	0.91	0.90	0.90	0.95	0.94	0.90	0.90	0.92	0.98	0.93	0.93	0.91	0.89	0.92
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
F	0.27	0.29	0.34	0.29	0.32	0.40	0.38	0.44	0.41	0.48	0.43	0.35	0.36	0.13	0.44	0.48	0.44	0.44	0.40
Cl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
OH*	1.73	1.71	1.66	1.71	1.67	1.60	1.62	1.55	1.59	1.52	1.57	1.65	1.64	1.84	1.54	1.50	1.55	1.55	1.59
#mg	93.85	92.80	88.21	90.64	91.84	88.43	86.68	91.96	82.20	88.45	89.28	90.01	89.55	62.60	67.68	67.09	76.81	75.40	77.57

Продолжение Таблицы 3.1

Ареал	Южно-Чуйский					Юстыдский																					
Порода	Сиениты Тархатинского массива										Лампрофиды																
Образец	TM2	TM2	TM6	TM6	TM6	PB5	PB5	PB5	PB5	PB5	PB5	PB5	PB5	Oz2	Oz2	Pog2	Pog2	Pog2	TurK	TurK							
Название минерала	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl	Phl							
Позиция	край	центр	край	центр	центр	край	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	центр	край	ом	край	центр							
Номер зерна	372	372	349	349	349	321	321	322	322	323	332	332	333	183	183	154	154	158	208	208							
состав в оксидах (вес.%)																											
SiO2	38.51	38.52	38.59	39.92	39.92	37.11	36.38	37.85	38.11	37.97	39.02	39.05	37.60	36.37	35.90	34.24	37.24	36.90	37.43	35.11	37.45						
TiO2	3.15	4.11	3.20	3.40	3.40	6.15	6.20	5.36	5.25	4.59	4.34	4.09	4.73	4.14	4.67	5.24	4.06	4.83	4.15	4.15	3.78						
Al2O3	12.53	12.32	12.61	12.30	12.30	13.70	13.85	14.29	14.27	14.36	14.63	14.44	13.59	15.52	15.22	15.22	14.26	14.18	13.87	15.18	14.85						
Cr2O3	0.05	0.06	0.19	0.02	0.02	0.09	0.05	0.20	0.05	0.03	0.42	0.46	0.09	0.02	н.п.о.	н.п.о.	0.68	0.08	0.07	н.п.о.	0.02						
MgO	17.33	16.77	18.38	18.35	18.35	14.52	14.46	19.04	19.15	18.93	21.15	21.52	19.29	19.04	18.54	13.97	21.06	19.35	19.84	11.68	19.05						
BaO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	1.26	1.67	1.11	1.19	1.12	не опр.	не опр.						
FeO	12.88	13.25	12.05	11.35	11.35	13.85	13.79	8.23	7.80	9.37	6.39	5.85	8.69	9.11	9.59	16.16	5.64	7.45	7.56	19.98	10.16						
MnO	0.18	0.19	0.21	0.21	0.21	0.10	0.06	0.02	0.06	0.06	0.03	0.03	0.08	0.09	0.04	0.17	0.03	0.04	0.05	н.п.о.	н.п.о.						
NiO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	н.п.о.	н.п.о.	0.11	0.06	0.07	н.п.о.	н.п.о.						
K2O	9.70	9.65	8.65	9.83	9.83	8.30	8.39	9.03	9.02	9.13	9.06	9.38	9.07	8.86	8.99	8.29	9.20	9.08	9.15	9.02	9.19						
Na2O	0.13	0.15	0.12	0.14	0.14	0.73	0.73	0.37	0.33	0.39	0.18	0.21	0.37	0.37	0.25	0.35	0.17	0.23	0.19	0.34	0.41						
F	1.67	1.55	1.74	1.86	1.86	1.40	1.46	1.64	1.74	1.52	1.72	1.58	2.15	1.00	0.75	0.45	1.81	1.70	1.88	0.61	1.14						
Cl	0.09	0.08	0.18	0.18	0.18	0.14	0.11	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	н.п.о.	0.02	0.02	н.п.о.	0.05	0.07	0.05	0.02	0.03						
Сумма	96.22	96.67	95.99	97.57	97.57	96.18	95.53	96.07	95.86	96.44	97.00	96.68	95.72	95.91	95.24	95.78	95.41	95.17	95.43	95.87	95.64						
состав в катионах (нормировано на 110, 8 катионов)																											
Si	2.93	2.93	2.94	2.99	2.99	2.87	2.84	2.85	2.87	2.84	2.87	2.87	2.85	2.73	2.72	2.67	2.80	2.81	2.84	2.74	2.79						
Ti	0.18	0.24	0.18	0.19	0.19	0.36	0.36	0.30	0.30	0.26	0.24	0.23	0.27	0.23	0.27	0.31	0.23	0.28	0.24	0.24	0.21						
Al	1.12	1.11	1.13	1.09	1.09	1.25	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27	1.25	1.21	1.38	1.36	1.40	1.26	1.27	1.24	1.40	1.31						
Cr	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00						
Fe2+	0.82	0.84	0.77	0.71	0.71	0.90	0.90	0.52	0.49	0.59	0.39	0.36	0.55	0.57	0.61	1.05	0.35	0.47	0.48	1.31	0.63						
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
Mg	1.97	1.90	2.09	2.05	2.05	1.68	1.68	2.13	2.15	2.11	2.32	2.36	2.18	2.13	2.10	1.62	2.36	2.20	2.24	1.36	2.12						
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.05	0.03	0.04	0.03	0.00	0.00						
Na	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.11	0.11	0.05	0.05	0.06	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.05	0.06						
K	0.94	0.94	0.84	0.94	0.94	0.82	0.83	0.87	0.87	0.87	0.85	0.88	0.88	0.85	0.87	0.83	0.88	0.88	0.89	0.90	0.87						
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00						
F	0.40	0.37	0.42	0.44	0.44	0.34	0.36	0.39	0.41	0.36	0.40	0.37	0.52	0.24	0.18	0.11	0.43	0.41	0.45	0.15	0.27						
Cl	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00						
OH*	1.59	1.62	1.56	1.54	1.54	1.64	1.63	1.61	1.58	1.64	1.60	1.63	1.48	1.76	1.82	1.89	1.56	1.58	1.54	1.85	1.73						
#mg	70.57	69.28	73.10	74.23	74.23	65.13	65.14	80.48	81.40	78.26	85.50	86.76	79.82	78.83	77.50	60.64	86.94	82.23	82.38	51.02	76.97						

Окончание Таблицы 3.1

Ареал	Юстыдский															
	Лампрофиды															
Порода																
Образец	PB5	PB5	PB5	PB1	PB1	PB1	PB1	Pog1	Pog1	Pog1	Pog1	Oz1	Oz1	Oz1	Tur	Tur
Название	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi	Phi
Минерала																
Позиция	ом	край	центр	ом	край	центр	центр	край	край	ом	ом	центр	край	край	край	центр
Номер	334	335	335	336	338	338	338	168	168	169	169	191	191	195	423	423
зерна																
состав в оксидах (вес.%)																
SiO2	38.03	38.51	39.30	35.86	37.26	39.07	36.24	37.00	36.86	38.15	38.02	39.66	43.01	36.43		
TiO2	4.72	4.45	3.69	5.86	5.56	3.89	6.88	4.37	4.29	3.46	3.41	3.41	1.54	3.90		
Al2O3	13.47	13.92	13.57	13.46	13.55	14.75	15.02	14.51	14.26	13.47	13.54	13.76	9.53	13.55		
Cr2O3	0.09	0.39	0.90	0.03	0.06	0.04	0.08	0.12	0.02	0.02	0.02	0.03	н.п.о.	н.п.о.		
MgO	19.89	20.74	21.63	13.15	17.45	21.41	15.97	18.99	19.44	19.09	21.04	21.32	19.72	13.84		
BaO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	1.00	1.08	1.21	0.44	0.60	0.57	не опр.	не опр.		
FeO	7.70	7.06	5.24	16.12	10.16	5.85	9.24	7.77	8.70	10.69	7.84	7.86	11.39	18.24		
MnO	0.06	0.08	н.п.о.	0.32	0.12	0.03	0.05	0.04	0.07	0.11	0.06	0.03	0.20	0.37		
NiO	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0.06	0.10	0.04	0.03	0.04	0.02	не опр.	не опр.		
K2O	9.27	9.37	9.83	8.14	8.79	9.53	8.94	9.27	9.01	9.10	9.36	7.93	8.29	9.17		
Na2O	0.36	0.29	0.24	0.56	0.53	0.20	0.32	0.15	0.25	0.19	0.22	0.21	0.03	0.26		
F	1.93	1.74	1.55	1.97	1.79	1.69	1.28	1.66	1.66	0.94	1.56	1.39	1.86	0.83		
Cl	н.п.о.	н.п.о.	0.03	0.04	0.03	0.03	0.08	0.07	0.04	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.	0.02		
Сумма	95.61	96.58	96.04	95.61	95.36	96.50	95.16	95.11	95.82	95.68	95.73	96.18	95.75	96.63		
состав в катионах (нормировано на 110, 8 катионов)																
Si	2.87	2.85	2.90	2.84	2.86	2.87	2.81	2.82	2.79	2.87	2.84	2.95	3.27	2.81		
Ti	0.27	0.25	0.20	0.35	0.32	0.22	0.40	0.25	0.24	0.20	0.19	0.19	0.09	0.23		
Al	1.20	1.22	1.18	1.26	1.22	1.28	1.37	1.30	1.27	1.19	1.19	1.21	0.85	1.23		
Cr	0.01	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Fe2+	0.49	0.44	0.32	1.07	0.65	0.36	0.60	0.50	0.55	0.67	0.49	0.49	0.72	1.18		
Mn	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02		
Mg	2.23	2.29	2.38	1.55	1.99	2.35	1.84	2.16	2.19	2.14	2.34	2.36	2.24	1.59		
Ba	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03	0.04	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00		
Na	0.05	0.04	0.03	0.09	0.08	0.03	0.05	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03	0.01	0.04		
K	0.89	0.89	0.93	0.82	0.86	0.89	0.88	0.90	0.87	0.87	0.89	0.75	0.80	0.90		
Ni	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
F	0.46	0.41	0.36	0.49	0.43	0.39	0.31	0.40	0.40	0.22	0.37	0.33	0.45	0.20		
Cl	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
OH*	1.54	1.59	1.64	1.50	1.56	1.60	1.68	1.59	1.60	1.78	1.63	1.67	1.55	1.80		
#mg	82.15	83.96	88.03	59.24	75.37	86.71	75.49	81.33	79.93	76.09	82.71	82.86	75.52	57.49		

Таблица 3-2. Составы пироксенов даек чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива.

Ареал	Акташский		Южно-Чуйский											
Порода			Лампрофиды											
Образец	Ak1	Chib-1	Dar6		Dar-8		R76		R76		R76		T-26	
Минерал	Di	Di	Di	Di	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug
состав в оксидах (вес.%)														
SiO ₂	53.14	53.21	52.24	52.59	51.64	54.7	54.51	53.28	54.14	56.66	53.02	54.01		
TiO ₂	0.53	0.52	0.4	0.39	0.5	0.51	0.48	0.53	0.43	0.39	0.74	0		
Al ₂ O ₃	1.59	1.8	1.32	1.48	1.46	0.58	0.45	0.51	0.35	0.38	1.5	1.31		
FeO	4.06	4.53	4.39	4.98	12.87	4.12	4.89	4.7	5.9	4.23	9.19	7.87		
MgO	16.9	16.19	17.5	17.15	10.5	17.58	17.71	17.65	16.63	17.28	17.22	15.61		
CaO	23.3	23.74	22.83	23.05	20.1	22.6	21.78	22.37	22	21.31	18.34	21.19		
Na ₂ O	0.26	н.п.о.	0.35	0.32	1.81	0.26	0.25	0.29	0.25	0.16	н.п.о.	н.п.о.		
K ₂ O	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.01	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.		
Cr ₂ O ₃	0.44	н.п.о.	0.33	0.15	н.п.о.	0.08	0.02	0.03	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.		
MnO	0.11	н.п.о.	0.13	0.15	1.12	0.13	0.19	0.16	0.22	0.17	н.п.о.	н.п.о.		
NiO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.		
Сумма	100.33	99.99	99.5	100.27	100	100.56	100.28	99.54	99.92	100.58	100.01	99.99		
состав в катионах (нормировано на 6 кислорода и 4 катиона)														
Si	1.93	1.95	1.91	1.91	1.95	1.98	1.98	1.95	1.99	2.06	1.96	2.00		
Ti	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.00		
Al	0.07	0.08	0.06	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.07	0.06		
Fe	0.12	0.14	0.13	0.15	0.41	0.12	0.15	0.14	0.18	0.13	0.28	0.24		
Mg	0.92	0.88	0.95	0.93	0.59	0.95	0.96	0.96	0.91	0.94	0.95	0.86		
Ca	0.91	0.93	0.89	0.90	0.81	0.88	0.85	0.88	0.87	0.83	0.73	0.84		
Na	0.02	0.00	0.02	0.02	0.13	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00		
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Cr	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00		
состав в миналах (мол.%)														
Fs	6.34	7.10	6.77	7.65	22.45	6.40	7.60	7.25	9.26	6.79	14.50	12.52		
Wo	46.62	47.68	45.12	45.38	44.92	44.96	43.36	44.22	44.23	43.81	37.08	43.21		
En	47.04	45.22	48.11	46.96	32.64	48.64	49.04	48.53	46.51	49.41	48.42	44.27		

Продолжение Таблицы 3.2.

Ареал		Южно-Чуйский															
Порода		Лампрофиры														Сиениты Тархатинского массива	
Образец	Минерал	T4	T4	T4	T4	T4	Tar2	Tar2	Tar2	Tar2	Tar2	Tar3	En	Di	En	TM-3	TM3
состав в оксидах (вес.%)		Di	Di	Di	Di	Di	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	En	Di	En	Aug	En
SiO2		52.87	52.98	52.88	54.31	53.91	52.74	53.77	54.14	54.52	53.17	53.3	53.65	53.8	53.8	53.65	53.8
TiO2		0.68	0.55	0.54	0.37	0.39	0.79	0.36	0.41	0.03	0.45	0.62	0.27	0.18	0.18	0.27	0.18
Al2O3		1.97	2.63	2.59	2	1.69	1.91	0.92	1.05	0.27	0.77	1.89	0.58	0.69	0.69	0.58	0.69
FeO		5.08	4.44	4.89	4.02	5.22	7.66	6.78	18.14	5.77	17.89	7.16	17.08	16.32	16.32	17.08	16.32
MgO		16.19	16.68	16.24	16.89	17.04	16.95	17.13	24.91	15.48	26.11	16.09	26.21	27.02	27.02	26.21	27.02
CaO		23.08	21.94	21.98	22.32	21.28	19.9	20.94	1.31	24.24	1.19	20.94	1.29	1.13	1.13	1.29	1.13
Na2O		0.35	0.5	0.59	0.47	0.47	0.3	0.24	0.06	0.27	н.п.о.	н.п.о.	0.05	0.09	0.09	н.п.о.	н.п.о.
K2O		0.06	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.01	0.01	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Cr2O3		0.22	0.29	0.11	0.39	0.05	0.1	0.06	0.03	0.09	н.п.о.	н.п.о.	0.04	0.36	0.36	н.п.о.	н.п.о.
MnO		0.12	0.13	0.14	0.08	0.16	0.2	0.22	0.48	0.21	0.43	н.п.о.	0.49	0.4	0.4	н.п.о.	н.п.о.
NiO		н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Сумма		100.62	100.16	99.99	100.86	100.22	100.54	100.41	100.52	100.87	100.01	100	99.66	100	100	99.66	100
состав в катионах (нормировано на 6 кислорода и 4 катиона)																	
Si		1.93	1.93	1.93	1.96	1.96	1.93	1.96	1.97	1.99	1.93	1.97	1.95	1.94	1.94	1.95	1.94
Ti		0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Al		0.08	0.11	0.11	0.09	0.07	0.08	0.04	0.05	0.01	0.03	0.08	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03
Fe		0.15	0.14	0.15	0.12	0.16	0.23	0.21	0.55	0.18	0.54	0.22	0.52	0.49	0.49	0.52	0.49
Mg		0.88	0.90	0.88	0.91	0.92	0.92	0.93	1.35	0.84	1.42	0.88	1.42	1.46	1.46	1.42	1.46
Ca		0.90	0.86	0.86	0.86	0.83	0.78	0.82	0.05	0.95	0.05	0.83	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04
Na		0.02	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
K		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr		0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
Mn		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01
состав в миналах (мол.%)																	
Fs		8.00	7.13	7.89	6.41	8.31	12.09	10.57	28.25	8.96	27.13	11.43	26.10	24.76	24.76	26.10	24.76
Wo		46.57	45.14	45.43	45.60	43.38	40.24	41.83	2.61	48.22	2.31	42.82	2.53	2.20	2.20	42.82	2.20
En		45.43	47.73	46.68	47.99	48.31	47.67	47.60	69.13	42.83	70.56	45.76	71.37	73.05	73.05	45.76	73.05

Продолжение Таблицы 3.2.

Ареал	Южно-Чуйский										Юстыдский					
	Сиениты Тархатинского массива										Лампрофиры					
Порода	TM3		TM4		TM4		TM3		PB-5		PB-5		PB-5		OZ1	
Образец	En	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Di	Di	Aug	Aug	Di	Aug	Di
Минерал	En	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Aug	Di	Di	Aug	Aug	Di	Aug	Di
состав в оксидах (вес.%)																
SiO ₂	54.48	52.1	52.25	52.27	51.89	51.89	54.02	53.28	54.22	53.3	52.57	51.77	53.29	51.7	53.29	51.7
TiO ₂	0.18	0.61	0.51	0.47	0.51	0.51	0	0.66	0.36	0.49	0	0.65	0.49	0.56	0.49	0.56
Al ₂ O ₃	0.54	1.95	1.33	1.32	1.32	1.32	1.92	1.44	1.97	2.28	1.46	2.55	1.37	1.84	1.37	1.84
FeO	14.68	6.87	7.1	8.44	6.73	6.73	4.01	5.43	3.91	5.49	19	4.27	4.29	5.06	4.29	5.06
MgO	28.18	16.46	16.34	16.4	16.28	16.28	17.45	16.66	17	16.65	5.99	16.28	17.81	16.42	17.81	16.42
CaO	0.91	20.3	21.02	19.5	21.64	21.64	21.8	22.54	22.78	21.31	15.26	22.3	21.78	23.01	21.78	23.01
Na ₂ O	0.1	0.63	0.54	0.45	0.4	0.4	0.39	н.п.о.	0.46	0.47	5.1	0.37	0.36	0.26	0.36	0.26
K ₂ O	н.п.о.	0.05	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.	0	н.п.о.	0.02	н.п.о.	н.п.о.	0.02	0.04	0.01	0.04	0.01
Cr ₂ O ₃	0.36	0.13	0.07	0.19	0.12	0.12	0.41	н.п.о.	0.33	н.п.о.	н.п.о.	0.66	0.4	0.31	0.4	0.31
MnO	0.29	0.25	0.25	0.35	0.28	0.28	н.п.о.	н.п.о.	0.1	н.п.о.	0.62	0.12	0.16	0.13	0.16	0.13
NiO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.04	0.05	н.п.о.	0.05	н.п.о.
Сумма	99.72	99.35	99.42	99.41	99.17	99.17	100	100.01	101.15	99.99	100	99.03	100.03	99.28	100.03	99.28
состав в катионах (нормировано на 6 кислорода и 4 катиона)																
Si	1.96	1.92	1.93	1.94	1.92	1.92	1.96	1.96	1.95	1.95	1.99	1.91	1.94	1.91	1.94	1.91
Ti	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02
Al	0.02	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.08	0.10	0.07	0.11	0.06	0.08	0.06	0.08
Fe	0.44	0.21	0.22	0.26	0.21	0.21	0.12	0.17	0.12	0.17	0.60	0.13	0.13	0.16	0.13	0.16
Mg	1.51	0.90	0.90	0.91	0.90	0.90	0.94	0.91	0.91	0.91	0.34	0.90	0.97	0.90	0.97	0.90
Ca	0.04	0.80	0.83	0.77	0.86	0.86	0.85	0.89	0.88	0.83	0.62	0.88	0.85	0.91	0.85	0.91
Na	0.01	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03	0.03	0.37	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
Mn	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
состав в миналах (мол.%)																
Fs	22.22	11.04	11.24	13.47	10.60	10.60	6.36	8.48	6.17	8.79	38.60	6.90	6.71	7.93	6.71	7.93
Wo	1.76	41.81	42.65	39.88	43.69	43.69	44.31	45.12	46.04	43.71	39.72	46.19	43.65	46.21	43.65	46.21
En	76.01	47.15	46.11	46.65	45.71	45.71	49.33	46.39	47.79	47.50	21.68	46.90	49.64	45.86	49.64	45.86

Окончание Таблицы 3.2.

Ареал		Юстыдский			
Порода		Лампрофиры			
Образец		Sai1	Sai1	Sai1	Sai1
Минерал		Di	Di	Di	Di
состав в оксидах (вес.%)					
SiO2		53.13	52.9	51.5	52.32
TiO2		0.62	0.52	0.79	0.67
Al2O3		2.17	2.24	3.16	2.7
FeO		5.69	6.96	6.78	4.76
MgO		15.5	15.01	14.34	15.67
CaO		22.77	22.71	22.49	22.65
Na2O		0.35	0.31	0.39	0.3
K2O		н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Cr2O3		0.2	0.01	0.41	1.05
MnO		0.13	0.18	0.16	0.1
NiO		н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.
Сумма		100.56	100.83	100.02	100.22
состав в катионах (нормировано на 6 кислородов и 4 катиона)					
Si		1.94	1.94	1.90	1.92
Ti		0.02	0.01	0.02	0.02
Al		0.09	0.10	0.14	0.12
Fe		0.17	0.21	0.21	0.15
Mg		0.84	0.82	0.79	0.86
Ca		0.89	0.89	0.89	0.89
Na		0.02	0.02	0.03	0.02
K		0.00	0.00	0.00	0.00
Cr		0.01	0.00	0.01	0.03
Mn		0.00	0.01	0.01	0.00
состав в миналах (мол.%)					
Fs		9.11	11.08	11.09	7.71
Wo		46.69	46.33	47.12	47.03
En		44.20	42.59	41.79	45.26

Продолжение таблицы 3-3.

Ареал	Южно-Чуйский																	
	Лампрофиды																	
Порода	Dga-3		Dga-3		Kok-7		T-8		T-16		T-16		T-16		T-31		T-16	
Образец	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
Минерал	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Or	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab
состав в оксидах (вес.%)																		
SiO ₂	70.55	71.04	72.98	66.8	70.98	64.99	64.51	69.19	66.92	68.4	68.41	68.34	65.65	64.23	64.61	63.97	65.19	64.37
Al ₂ O ₃	15.15	15.4	14.68	15.41	14.17	18.46	18.1	19.21	20.63	19.41	19.63	19.17	21.76	18.34	18.72	18.54	19.09	19.09
FeO	0.92	0.86	н.п.о.	3.04	1.37	0.5	0.67	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.08	0.91	0.19	0.22	0.19	0.22
CaO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	1.38	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	2.23	0.02	0.07	0.02	0.53	0.46
Na ₂ O	0.46	н.п.о.	0.45	0.85	0	0.51	0.63	11.61	10.4	12.19	11.96	11.23	10	1.59	1.27	1.22	2.97	3.25
K ₂ O	12.92	12.7	11.89	13.9	13.47	15.54	16.09	0	0.67	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0.2	14.43	14.75	15.09	12.05	11.6
Сумма	100	100	100	100	99.99	100	100	100	100	100	100	98.74	99.92	99.52	99.6	99.06	100	99
состав в катионах (мол.%)																		
SiO ₂	3.17	3.20	3.26	3.03	3.19	3.00	2.98	3.02	2.94	2.99	2.99	3.02	2.89	2.97	2.99	2.98	2.97	2.96
Al ₂ O ₃	0.54	0.54	0.51	0.55	0.50	0.67	0.66	0.66	0.71	0.67	0.67	0.67	0.75	0.67	0.68	0.68	0.68	0.69
FeO	0.07	0.06	0.00	0.23	0.10	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.01	0.02	0.01	0.02
CaO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.01	0.00	0.05	0.05
Na ₂ O	0.08	0.00	0.08	0.15	0.00	0.09	0.11	1.96	1.77	2.06	2.03	1.92	1.71	0.28	0.23	0.22	0.53	0.58
K ₂ O	1.48	1.46	1.35	1.61	1.54	1.83	1.90	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.02	1.70	1.74	1.79	1.40	1.36
состав в миналах																		
Ab	5.13	0.00	5.44	8.50	0.00	4.75	5.62	100.00	84.10	100.00	100.00	100.00	79.39	14.32	11.49	10.92	25.86	28.53
Ort	94.87	100.00	94.56	91.50	100.00	95.25	94.38	0.00	3.56	0.00	0.00	0.00	1.04	85.49	87.81	88.88	69.04	67.00
An	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.33	0.00	0.00	0.00	19.57	0.20	0.70	0.20	5.10	4.46

Продолжение таблицы 3-3.

Ареал	Южно-Чуйский										Юстыдский										
	Сиениты										Лампрофиды										
Порода	Tarm-5					Tarm-5					TM-3					TM-3					
Образец	San	San	San	Aor	Lab	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	
Минерал	San	San	San	Aor	Lab	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	San	
состав в оксидах (вес.%)																					
SiO2	65.12	65.55	66.34	66.47	62.12	65.72	65.18	66.11			65.1	66.17	65.63	63.97	64.13	67.88	68.64	68.8	66.66	68.13	64.32
Al2O3	18.32	18.57	18.57	21.24	24.01	19.22	19.21	18.93			18.65	18.57	19.32	19.4	18.95	19.47	19.69	19.65	19.18	20.85	19.49
FeO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.			0.18	0.39	0.31	0.29	0.33	0.25	0.07	0.03	0.26	н.п.о.	2.58
CaO	0.24	н.п.о.	н.п.о.	0.95	5.13	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.			0.16	0.12	0.29	0.5	0.53	0.11	0.26	0.49	2.84	0.1	2.96
Na2O	1	1.7	3.15	10.92	8.74	2.63	3.5	2.88			0.76	4.79	6.98	1.56	2.31	10.04	10.95	11.27	11.14	10.97	10.51
K2O	14.99	14.18	11.94	0.42	0	12.43	11.41	12.08			15.24	9.21	8.29	13.98	12.85	1.63	1.1	0.41	0.17	0.06	0.07
Сумма	99.67	100	100	100	100	100	99.3	100			100.08	99.24	100.8	99.69	99.1	99.39	100.71	100.66	100.2	100.1	99.93
состав в катионах (мол.%)																					
SiO2	3.00	3.01	3.02	2.93	2.75	3.00	2.99	3.01			3.00	3.00	2.93	2.95	2.96	3.00	2.99	2.99	2.89	2.99	2.82
Al2O3	0.66	0.67	0.66	0.73	0.84	0.69	0.69	0.68			0.67	0.66	0.68	0.70	0.69	0.68	0.67	0.67	0.65	0.72	0.67
FeO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.02	0.00	0.19
CaO	0.02	0.00	0.00	0.09	0.49	0.00	0.00	0.00			0.02	0.01	0.03	0.05	0.05	0.01	0.02	0.05	0.26	0.01	0.28
Na2O	0.18	0.30	0.56	1.86	1.50	0.47	0.62	0.51			0.14	0.84	1.21	0.28	0.41	1.72	1.85	1.90	1.88	1.87	1.78
K2O	1.76	1.66	1.39	0.05	0.00	1.45	1.34	1.40			1.79	1.07	0.94	1.65	1.51	0.18	0.12	0.05	0.02	0.01	0.01
состав в миналах																					
Ab	8.99	15.41	28.62	89.17	60.65	24.33	31.80	26.60			6.93	43.62	54.72	13.79	20.35	89.37	91.55	93.28	77.41	98.65	76.01
Ort	88.63	84.59	71.38	2.26	0.00	75.67	68.20	73.40			91.46	55.18	42.76	81.32	74.49	9.55	6.05	2.23	0.78	0.36	0.33
An	2.38	0.00	0.00	8.57	39.35	0.00	0.00	0.00			1.61	1.21	2.51	4.89	5.16	1.08	2.40	4.48	21.81	0.99	23.66

Окончание таблицы 3-3.

Ареал	Юстыдский															
	Лампрофиды															
Порода	Sai1	Sai1	Sai1	Tur	Tur	Tur	Tur	Tur	Tur	Tur	Tur	Tur	Tur	Tur	PB-5	PB-5
Образец	Ab	Ab	Ab	San	San	San	San	San	San	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	San	San
Минерал	Ab	Ab	Ab	San	San	San	San	San	San	Ab	Ab	Ab	Ab	Ab	San	Ab
состав в оксидах (вес.%)																
SiO ₂	68.15	67.95	68.4	63.72	67.01	64.24	64.41	68.17	68	68.31	67.99	67.82	67.47	68.57	65.29	63.61
Al ₂ O ₃	19.7	19.41	19.53	19.49	19.1	19.95	19.72	19.66	20.01	19.71	19.86	19.7	19.87	19.1	18.89	18.71
FeO	0.07	0.19	0.44	0.66	0.25	0.69	0.2	0.33	0.17	0.29	0.36	0.16	0.26	0.15	н.п.о.	1.27
CaO	0.19	0.14	0.07	0.29	0.35	0.32	0.35	0.07	0.34	0.09	0.34	0.21	0.27	0.35	н.п.о.	н.п.о.
Na ₂ O	11.03	11.36	10.94	1.23	6.85	2.36	2.64	10.97	11.05	11	10.99	11.03	11.1	10.08	1.28	0.75
K ₂ O	0.07	0.15	0.35	13.96	6.61	12.38	11.88	0.18	0.12	0.09	0.28	0.14	0.12	1.48	14.54	14.99
Сумма	99.22	99.19	99.73	99.35	100.2	99.94	99.19	99.38	99.68	99.49	99.8	99.06	99.09	99.72	100	99.19
состав в катионах (мол.%)																
SiO ₂	3.00	2.99	3.00	2.96	2.99	2.95	2.97	3.00	2.99	3.00	2.98	3.00	2.98	3.01	3.00	2.96
Al ₂ O ₃	0.68	0.67	0.67	0.71	0.67	0.72	0.71	0.68	0.69	0.68	0.68	0.68	0.69	0.66	0.68	0.68
FeO	0.01	0.01	0.03	0.05	0.02	0.05	0.02	0.02	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.01	0.00	0.10
CaO	0.02	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.03	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.00	0.00
Na ₂ O	1.89	1.94	1.86	0.22	1.18	0.42	0.47	1.87	1.88	1.88	1.87	1.89	1.90	1.72	0.23	0.14
K ₂ O	0.01	0.02	0.04	1.65	0.75	1.45	1.40	0.02	0.01	0.01	0.03	0.02	0.01	0.17	1.71	1.76
состав в миналах																
Ab	97.73	97.82	97.26	11.46	59.12	21.73	24.35	98.25	96.05	98.58	95.15	97.14	96.71	88.11	11.80	7.41
Ort	0.41	0.85	2.05	85.56	37.54	75.01	72.09	1.06	0.69	0.53	1.60	0.81	0.69	8.51	88.20	92.59
An	1.86	1.33	0.69	2.99	3.34	3.26	3.57	0.69	3.27	0.89	3.25	2.04	2.60	3.38	0.00	0.00

Таблица 3-4. Хлориты из лампрофиров чуйского комплекса.

Ареал	Южно-Чуйский														Юстыдский			
Образец	dar-5-3-2	dga-3-1	dga-3-1	t-15-1	t-15-1	t-15-1	t-15-2	t-22-1	t-31-1	t-31-2	t-8-1	tar-10-1	tar-11-3	pb-5-3-1	pb-5-3-1	pb-5-6-1		
Минерал	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht	Cht		
SiO2	30,59	32,18	33,29	32,54	30,34	30,25	35,83	26,19	22,16	29,82	26,74	28,45	30,34	35,04	32,11			
TiO2	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	2,79	0,92	18,52	0,92	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.			
Al2O3	17,21	16,70	16,70	15,78	14,15	12,53	12,96	20,20	10,15	0,91	16,06	17,74	14,25	13,76	16,50			
Cr2O3	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,85	н.п.о.	н.п.о.	0,53	н.п.о.	0,34	0,89	н.п.о.	0,47	0,53			
FeO	19,76	21,24	15,04	16,09	15,53	14,20	11,39	31,00	28,20	50,24	31,26	16,29	25,20	18,65	11,86			
MnO	н.п.о.	0,52	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,48	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.			
MgO	22,39	21,49	24,46	22,69	20,73	19,32	20,07	8,72	3,43	н.п.о.	11,66	20,48	17,08	20,20	23,55			
CaO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,38	0,52	0,71	н.п.о.	н.п.о.	0,80	3,65	0,99	0,22	0,74	0,84	0,46			
Na2O	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,28	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.			
K2O	н.п.о.	н.п.о.	0,40	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	6,08	0,27	0,40	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.			
NiO	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,38	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.			
V2O3	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	0,76	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.	н.п.о.			
Сумма	89,95	92,13	89,89	87,47	81,26	78,34	89,12	87,29	84,94	85,54	87,05	84,74	87,61	88,96	85,00			

Таблица 3-5 Составы апатитов даек чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива.
Составы получены методом электронно-зондового микроанализа.

Размер фракции	Ареал	Образец	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	Cl	F	ThO ₂	BaO	Сумма
-0.1+0.05'	Южно-Чуйский	аута I	0	0.24	53.89	1.35	0.07	39.59	0.09	2.19	0.04	0.02	96.53
			0.007	0.21	53.82	1.49	0.06	39.92	0.07	2.17	0.03	0.06	96.90
			0	0.05	54.08	0.79	0.11	40.22	0.07	2.33	0.04	0.02	96.71
			0.013	0.18	53.13	1.19	0.07	39.16	0.07	2.65	0.00	0.02	95.36
			0.011	0.15	55.10	0.59	0.08	40.42	0.04	2.54	0.03	0.02	97.89
			0.008	0.13	53.63	1.21	0.05	39.33	0.04	3.49	0.01	0.00	96.41
			0.009	0.24	54.73	0.60	0.08	40.25	0.09	2.39	0.06	0.04	97.45
			0	0.23	54.83	0.67	0.07	39.51	0.09	2.23	0.00	0.01	96.67
			0	0.13	55.24	0.57	0.04	40.19	0.09	2.05	0.04	0.04	97.50
			0	0.13	54.93	0.50	0.06	40.50	0.09	1.89	0.00	0.00	97.28
			0	0.22	55.05	0.53	0.05	40.20	0.08	2.17	0.00	0.02	97.40
			0.025	0.24	54.87	0.59	0.12	39.77	0.08	2.21	0.00	0.02	96.96
			0.005	0.18	54.24	1.35	0.04	40.61	0.08	2.36	0.00	0.03	97.88
			0	0.21	53.67	1.54	0.10	39.14	0.10	3.21	0.04	0.02	96.66
			0	0.23	54.35	0.83	0.06	39.87	0.14	1.87	0.03	0.01	96.56
			0.023	0.23	54.11	0.93	0.05	39.89	0.14	2.03	0.04	0.00	96.56
			0	0.20	54.86	0.29	0.04	40.07	0.08	2.32	0.00	0.02	96.88
			0.018	0.23	53.95	0.81	0.07	40.30	0.08	2.46	0.00	0.00	96.87
			0.015	0.14	53.96	0.53	0.11	39.60	0.10	1.64	0.00	0.00	95.38
			0	0.14	53.78	0.64	0.06	39.89	0.07	1.82	0.08	0.00	95.69
			0.014	0.32	54.52	0.44	0.10	41.74	0.17	1.70	0.00	0.00	98.24
			0	0.33	54.18	0.42	0.08	40.71	0.15	2.11	0.00	0.02	97.07
			0.014	0.12	54.04	0.62	0.09	39.82	0.08	2.17	0.06	0.00	96.09
			0.003	0.13	54.05	0.61	0.09	40.71	0.09	2.16	0.00	0.01	96.92
			0.015	0.15	52.75	1.23	0.06	39.57	0.07	2.36	0.09	0.00	95.27
			0	0.12	52.73	1.21	0.05	39.82	0.05	3.33	0.03	0.02	95.96
			0.004	0.31	54.13	0.46	0.08	40.23	0.15	1.90	0.00	0.06	96.49
			0.009	0.29	54.44	0.40	0.07	40.81	0.15	1.77	0.00	0.00	97.16

Продолжение Таблицы 3-5.

Размер фракции	Ареал	Образец	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	Cl	F	ThO ₂	BaO	Сумма
-0.2+0.1'	Южно-Чуйский	аута1	0	0.12	53.97	0.86	0.10	40.33	0.08	2.17	0.00	0.00	96.70
			0	0.11	53.72	0.96	0.11	40.65	0.07	2.85	0.00	0.02	97.28
			0.006	0.12	54.85	0.06	0.10	41.54	0.09	3.70	0.00	0.01	98.89
			0	0.15	54.86	0.35	0.08	41.84	0.08	3.28	0.01	0.00	99.24
			0	0.14	54.99	0.00	0.25	42.13	0.05	2.98	0.00	0.01	99.29
			0.019	0.11	54.78	0.28	0.13	41.81	0.06	3.18	0.02	0.00	99.03
			0	0.17	54.76	0.64	0.07	41.29	0.05	2.32	0.00	0.05	98.37
			0	0.10	54.06	1.00	0.10	41.03	0.07	2.55	0.07	0.03	97.92
			0.011	0.23	54.17	0.63	0.05	41.08	0.08	2.28	0.00	0.01	97.56
			0	0.13	53.57	1.23	0.08	40.59	0.11	2.61	0.05	0.00	97.24
			0.019	0.06	54.36	0.67	0.10	41.40	0.07	2.70	0.10	0.01	98.32
			0	0.10	53.79	0.59	0.10	39.96	0.09	2.89	0.01	0.00	96.29
			0.031	0.15	54.03	0.77	0.08	41.38	0.09	2.69	0.00	0.00	98.08
			0	0.13	53.88	0.69	0.08	41.80	0.07	2.83	0.01	0.01	98.29
			0	0.13	54.16	0.94	0.08	41.50	0.09	2.33	0.06	0.00	98.27
			0	0.22	52.91	0.96	0.06	40.20	0.12	2.57	0.08	0.00	96.00
			0	0.15	53.76	0.91	0.06	40.79	0.05	2.23	0.00	0.02	97.04
0.018			0.15	52.80	1.08	0.08	39.93	0.06	2.88	0.00	0.04	95.79	
0.014			0.18	54.35	0.59	0.07	42.02	0.08	2.05	0.00	0.03	98.49	
0.008			0.18	53.53	0.90	0.09	40.30	0.09	1.99	0.00	0.00	96.24	
0			0.17	53.80	1.02	0.09	41.27	0.10	2.09	0.07	0.00	97.71	
0.007			0.21	54.19	1.00	0.10	40.23	0.09	2.38	0.00	0.01	97.18	
0			0.16	52.83	1.02	0.09	39.80	0.16	2.13	0.00	0.05	95.29	
0			0.18	52.88	0.92	0.09	40.06	0.13	2.45	0.00	0.03	95.67	
0			0.22	54.53	0.46	0.05	41.63	0.06	1.90	0.00	0.06	98.09	
0			0.14	53.25	1.02	0.07	39.89	0.07	4.02	0.00	0.02	96.76	
0			0.11	53.98	0.85	0.08	41.07	0.06	2.67	0.00	0.02	97.70	
0			0.09	53.96	0.88	0.06	41.12	0.06	3.13	0.00	0.00	97.97	
0			0.20	54.44	0.38	0.04	40.55	0.03	2.09	0.00	0.01	96.83	
-0.5+0.2'													

Продолжение Таблицы 3-5.

Размер фракции	Ареал	Образец	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	Cl	F	ThO ₂	BaO	Сумма
-0.5+0.2'	Южно-Чукотский	autal	0	0.22	54.29	0.58	0.03	40.99	0.05	2.17	0.00	0.01	97.40
			0.007	0.11	53.94	0.55	0.14	40.69	0.08	2.13	0.05	0.00	96.77
			0.011	0.18	53.58	0.77	0.05	41.00	0.07	2.29	0.03	0.01	97.00
			0	0.12	54.25	0.62	0.08	41.20	0.20	2.04	0.01	0.00	97.61
			0.002	0.11	54.19	0.64	0.07	41.15	0.15	1.95	0.03	0.01	97.43
			0	0.25	54.02	0.02	0.23	41.63	0.10	2.33	0.00	0.00	97.56
			0.002	0.19	53.86	0.82	0.07	41.49	0.11	2.48	0.02	0.02	97.99
			0.028	0.22	53.30	1.06	0.08	40.51	0.16	2.24	0.00	0.04	96.66
			0	0.22	53.21	0.97	0.08	40.88	0.12	2.01	0.00	0.03	96.64
			0	0.23	53.39	1.03	0.07	40.69	0.09	2.00	0.01	0.02	96.66
			0	0.22	54.22	0.61	0.07	41.66	0.09	2.78	0.00	0.02	98.48
			0.011	0.15	53.20	0.88	0.05	40.08	0.07	2.84	0.01	0.03	96.11
			0.006	0.16	53.98	0.96	0.08	40.46	0.07	2.24	0.00	0.04	97.03
			0	0.11	53.92	1.04	0.07	40.97	0.07	2.61	0.00	0.01	97.69
			0	0.08	53.46	1.21	0.05	40.35	0.06	4.23	0.09	0.05	97.79
			0.005	0.17	54.26	0.58	0.09	40.32	0.07	2.91	0.00	0.05	97.22
			0.028	0.11	53.85	1.18	0.09	40.72	0.06	2.32	0.05	0.00	97.42
			0	0.23	54.60	0.48	0.05	40.53	0.05	2.62	0.04	0.02	97.51
			0	0.20	54.05	0.70	0.08	40.59	0.04	2.50	0.01	0.06	97.16
			0	0.25	54.24	0.48	0.09	40.88	0.15	2.00	0.00	0.00	97.21
			0.024	0.16	53.64	0.88	0.07	41.10	0.08	2.46	0.06	0.06	97.48
			0.005	0.11	53.96	0.75	0.06	40.42	0.11	2.16	0.02	0.00	96.65
			0.037	0.10	54.11	0.75	0.05	40.40	0.11	2.09	0.02	0.00	96.77
			0.01	0.19	54.54	0.46	0.07	41.48	0.08	2.12	0.09	0.12	98.24
			0.011	0.22	54.33	0.79	0.06	41.65	0.09	1.99	0.00	0.02	98.29
			0	0.08	53.63	0.91	0.10	40.94	0.08	2.22	0.00	0.03	97.02
			0.002	0.11	53.12	1.03	0.06	39.55	0.08	2.36	0.00	0.04	95.34
-0.1+0.05'	Южно-Чукотский	dga2	0	0.30	54.03	0.41	0.05	40.47	0.16	2.01	0.00	0.01	96.55
			0.026	0.32	54.13	0.40	0.09	40.11	0.16	1.98	0.02	0.00	96.36

Продолжение Таблицы 3-5.

Размер фракции	Ареал	Образец	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	Cl	F	ThO ₂	BaO	Сумма
-0.1+0.05'	Южно-Чуйский	dga2	0	0.35	54.38	0.37	0.08	40.48	0.14	1.90	0.00	0.00	96.85
			0	0.31	54.19	0.42	0.07	41.06	0.14	2.08	0.05	0.03	97.42
			0	0.28	53.45	1.01	0.12	39.45	0.24	2.04	0.01	0.02	95.71
			0	0.25	53.92	0.54	0.09	39.94	0.11	2.14	0.01	0.01	96.08
			0	0.31	54.23	0.38	0.10	39.90	0.17	1.99	0.00	0.04	96.24
			0	0.30	54.18	0.38	0.07	40.11	0.17	2.08	0.03	0.00	96.40
			0	0.34	54.40	0.48	0.07	39.93	0.16	1.93	0.02	0.02	96.50
			0.009	0.36	54.07	0.40	0.08	39.80	0.17	1.93	0.00	0.00	95.97
			0	0.34	54.14	0.51	0.09	39.75	0.15	1.87	0.13	0.01	96.17
			0	0.33	54.41	0.43	0.09	39.76	0.16	2.05	0.00	0.00	96.32
			0	0.33	54.30	0.41	0.06	40.29	0.16	2.06	0.02	0.00	96.72
			0	0.33	54.43	0.45	0.08	40.16	0.17	1.89	0.00	0.01	96.68
			0	0.25	54.39	0.46	0.05	40.24	0.07	2.25	0.00	0.02	96.75
			0.02	0.26	54.32	0.56	0.07	39.87	0.08	2.33	0.00	0.04	96.54
			0.003	0.30	54.29	0.41	0.08	40.26	0.13	1.84	0.02	0.00	96.52
			0	0.30	54.59	0.40	0.09	39.32	0.16	1.92	0.07	0.00	96.00
			0.014	0.33	54.80	0.42	0.08	40.44	0.17	1.80	0.00	0.02	97.26
0.003			0.31	54.30	0.42	0.08	39.73	0.19	1.78	0.02	0.03	96.07	
0			0.31	54.37	0.39	0.09	39.99	0.14	1.85	0.04	0.00	96.37	
0.001			0.33	54.07	0.43	0.10	40.43	0.14	1.91	0.01	0.01	96.60	
0.003			0.33	54.46	0.45	0.09	39.00	0.18	2.06	0.04	0.03	95.73	
0			0.32	54.10	0.44	0.09	40.19	0.18	1.89	0.03	0.05	96.44	
0			0.30	54.16	0.41	0.06	40.56	0.15	1.85	0.03	0.00	96.70	
0			0.29	54.18	0.40	0.08	40.59	0.16	1.94	0.00	0.03	96.80	
0			0.35	54.51	0.39	0.08	40.49	0.16	1.96	0.00	0.00	97.08	
0.007			0.31	54.18	0.46	0.09	40.46	0.17	1.71	0.00	0.00	96.63	
0.005			0.34	54.19	0.43	0.06	40.16	0.13	1.95	0.00	0.04	96.45	
0.001			0.31	54.69	0.46	0.10	40.93	0.15	1.83	0.00	0.00	97.66	
0.014			0.33	54.01	0.41	0.08	41.18	0.15	1.84	0.00	0.01	97.21	
-0.5+0.2'													

Продолжение Таблицы 3-5.

Размер фракции	Ареал	Образец	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	Cl	F	ThO ₂	BaO	Сумма
-0.5+0.2'	Южно-Чукотский	dga2	0.004	0.31	54.14	0.45	0.08	41.18	0.13	1.93	0.00	0.00	97.38
			0	0.30	54.25	0.38	0.09	40.52	0.17	1.85	0.00	0.01	96.76
			0.023	0.35	54.13	0.45	0.09	41.11	0.17	1.88	0.03	0.04	97.43
			0	0.33	54.03	0.44	0.08	40.98	0.17	1.92	0.00	0.00	97.10
			0	0.32	53.96	0.43	0.07	41.17	0.15	1.87	0.02	0.01	97.17
			0	0.33	54.31	0.33	0.06	41.08	0.15	1.88	0.03	0.02	97.36
			0.011	0.31	53.92	0.38	0.11	40.12	0.18	2.00	0.00	0.01	96.16
			0	0.30	54.06	0.36	0.08	40.55	0.17	1.94	0.02	0.01	96.63
			0	0.27	54.11	0.50	0.07	40.72	0.18	1.88	0.01	0.02	96.93
			0.009	0.33	54.03	0.55	0.06	40.50	0.17	1.92	0.03	0.03	96.79
			0.017	0.34	53.87	0.45	0.09	40.44	0.17	1.99	0.00	0.00	96.49
			0	0.32	53.76	0.45	0.08	40.45	0.15	2.03	0.00	0.01	96.35
			0.006	0.29	54.17	0.43	0.08	40.62	0.17	1.99	0.00	0.01	96.88
			0	0.29	54.15	0.42	0.08	41.15	0.13	1.86	0.03	0.00	97.29
			0	0.31	54.25	0.44	0.09	40.17	0.16	1.94	0.01	0.00	96.51
			0.026	0.33	54.13	0.42	0.09	41.08	0.17	2.02	0.02	0.00	97.39
			0	0.31	54.01	0.43	0.09	40.86	0.15	1.90	0.04	0.00	96.96
-0.1+0.05'	Юсудский	pb15	0	0.37	54.22	0.41	0.08	39.50	0.17	1.96	0.02	0.01	95.86
			0.019	0.33	54.13	0.41	0.08	39.94	0.18	2.14	0.04	0.00	96.33
			0.003	0.39	54.14	0.19	0.08	40.33	0.46	2.60	0.00	0.02	96.99
			0.006	0.36	54.33	0.26	0.07	40.11	0.43	2.53	0.00	0.03	96.96
			0	0.31	54.06	0.29	0.04	39.78	0.56	2.28	0.00	0.00	96.24
			0.004	0.28	53.94	0.32	0.06	40.59	0.49	2.65	0.02	0.01	97.13
			0.011	0.35	54.50	0.19	0.06	39.49	0.36	2.63	0.00	0.00	96.41
			0.004	0.40	54.19	0.21	0.06	40.33	0.36	2.50	0.00	0.00	96.91
			0.028	0.41	54.18	0.19	0.08	40.53	0.48	2.32	0.02	0.00	97.14
			0.018	0.27	54.45	0.29	0.06	39.63	0.25	2.79	0.04	0.00	96.57
			0	0.40	54.06	0.17	0.09	39.60	0.45	3.16	0.00	0.03	96.52
			0.01	0.37	54.06	0.21	0.10	39.98	0.43	3.15	0.00	0.01	96.88

Продолжение Таблицы 3-5.

Размер фракции	Ареал	Образец	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	Cl	F	ThO ₂	BaO	Сумма
-0.1+0.05'	ЮсЫдский	pb15	0	0.42	53.92	0.11	0.09	39.44	0.71	2.20	0.02	0.08	95.90
			0	0.36	54.12	0.16	0.08	40.51	0.64	2.10	0.05	0.01	97.00
			0.002	0.31	54.57	0.22	0.06	40.38	0.40	2.67	0.00	0.00	97.39
			0.007	0.36	54.48	0.22	0.05	39.56	0.38	2.26	0.00	0.00	96.28
			0	0.34	54.40	0.19	0.05	40.21	0.28	3.10	0.03	0.03	97.26
			0.013	0.25	54.18	0.27	0.07	39.52	0.26	3.46	0.00	0.07	96.58
			0	0.26	54.65	0.20	0.07	40.91	0.42	2.62	0.03	0.01	97.96
			0	0.32	54.18	0.17	0.07	39.58	0.38	2.53	0.02	0.02	96.12
			0	0.38	54.12	0.19	0.07	39.75	0.44	2.43	0.00	0.00	96.26
			0.009	0.22	54.39	0.36	0.05	41.33	0.38	2.94	0.00	0.03	98.37
			0.024	0.23	54.67	0.20	0.09	40.39	0.31	2.90	0.00	0.02	97.54
			0	0.36	54.65	0.18	0.06	40.36	0.36	2.71	0.03	0.02	97.51
			0	0.36	54.55	0.25	0.14	39.93	0.54	2.35	0.00	0.00	97.01
			0	0.24	54.40	0.36	0.08	39.86	0.40	2.53	0.00	0.05	96.77
			0.024	0.02	56.16	0.00	0.04	40.77	0.29	2.37	0.00	0.00	98.61
0.027			0.15	54.93	0.32	0.04	40.69	0.21	3.24	0.03	0.00	98.23	
0			0.37	54.08	0.10	0.08	39.88	0.44	2.49	0.04	0.00	96.33	
0			0.35	54.19	0.36	0.06	40.38	0.43	2.56	0.00	0.01	97.16	
0			0.36	54.27	0.16	0.08	40.43	0.44	2.22	0.00	0.00	96.92	
0.001			0.37	54.05	0.28	0.06	40.73	0.41	2.31	0.00	0.00	97.13	
0			0.41	53.97	0.25	0.07	40.90	0.46	2.33	0.01	0.00	97.30	
0			0.37	54.05	0.33	0.04	40.38	0.44	2.18	0.04	0.00	96.81	
0			0.40	53.81	0.23	0.07	40.56	0.49	2.64	0.00	0.00	96.97	
0			0.31	53.97	0.18	0.08	39.86	0.38	3.35	0.00	0.01	96.64	
0.022			0.42	53.96	0.25	0.10	39.69	0.50	2.62	0.00	0.00	96.35	
0			0.33	53.88	0.18	0.07	40.23	0.37	2.71	0.02	0.00	96.56	
0.007			0.41	53.46	0.17	0.07	39.84	0.58	2.28	0.00	0.03	95.76	
0			0.41	53.80	0.19	0.05	40.07	0.55	1.98	0.01	0.00	96.10	
0			0.41	54.00	0.15	0.07	40.05	0.45	2.50	0.08	0.00	96.56	

Продолжение Таблицы 3-5.

Размер фракции	Ареал	Образец	Al ₂ O ₃	FeO	CaO	SrO	MnO	P ₂ O ₅	Cl	F	ThO ₂	BaO	Сумма
-0.2+0.1'	Юстыдский	pb15	0.001	0.39	53.85	0.18	0.09	40.04	0.47	2.57	0.01	0.00	96.41
			0	0.41	53.76	0.19	0.10	40.84	0.50	2.44	0.00	0.00	97.09
			0.006	0.35	53.98	0.30	0.07	40.38	0.43	2.49	0.01	0.00	96.87
			0	0.40	53.82	0.11	0.08	39.97	0.51	2.38	0.08	0.05	96.29
			0	0.30	53.95	0.21	0.05	40.21	0.50	2.62	0.00	0.00	96.63
			0	0.41	53.63	0.12	0.09	39.89	0.57	2.15	0.02	0.02	95.86
			0	0.31	53.82	0.25	0.05	40.07	0.31	2.76	0.00	0.01	96.35
			0	0.42	54.12	0.18	0.08	40.20	0.42	2.59	0.00	0.00	96.83
			0.004	0.31	53.74	0.24	0.06	39.94	0.48	3.12	0.01	0.00	96.48
			0.002	0.42	53.56	0.16	0.05	40.09	0.61	2.22	0.00	0.01	96.05
			0.001	0.35	53.71	0.30	0.07	40.67	0.56	2.24	0.00	0.00	96.83
			0.017	0.40	54.44	0.25	0.09	40.00	0.40	2.93	0.07	0.02	97.30
			0.018	0.38	54.35	0.19	0.08	40.06	0.49	2.29	0.01	0.01	96.79

Таблица 3-6. Составы апатитов даек чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива.
Анализировались методом сканирующей микроскопии.

Ареал	Порода	Образец	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	SrO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	F	Сумма
Акташский	Лампрофир	chib-1	1.43	0	2.16	0	50.76	1.81	37.35	1.50	0	2.27	97.28
		chib-1	1.67	0	0.95	0	53.23	2.28	40.65	1.77	0	3.00	103.55
		chib-1	1.69	0	0	0	54.02	1.71	40.72	1.40	0	2.79	102.33
		dga-2	0	0	0	0.55	54.14	1.27	43.58	0.82	0.25	2.36	102.97
Южно-Чуйский	Сиенит Тархатинского массива	dga-2	0.96	0	0	0.53	51.41	1.63	41.27	1.12	0	2.18	99.10
		kok-7	2.1	0.64	0	0	49.48	0	38.06	0.67	0.45	2.26	93.66
		t-22	0	0	0	0.83	54.32	1.27	43.86	0.00	0	2.47	102.75
		t-22	0	0	1.00	0.68	51.52	0.88	40.35	0.62	0	2.35	97.40
		t-25	1.13	0.28	0.51	0.61	50.92	1.47	39.89	0.95	0.25	3.00	99.01
		t-27	0	0	0.00	0.43	52.58	0.95	40.63	0	0.64	1.81	97.04
		t-31	0	0	0.51	0	53.32	0	42.09	0	0	1.21	97.13
		dar-5	1.11	0	0	0.80	54.86	1.68	42.64	0.72	0	2.07	103.88
		dar-5	0	0	0.64	0.56	55.87	1.06	43.35	0.75	0	1.88	104.11
		tarm-5	0	0	0	0	54.92	0	41.70	0.37	0.20	3.54	100.73
		tarm-5	0.47	0	0	0	53.72	0	40.65	0.90	0.26	2.79	98.79
		tarm-5	0.79	0	0	0	53.56	0	41.06	0	0.25	3.52	99.18
		tm-3	0	0	0	0	53.77	0.61	42.39	0	0.35	3.84	100.96
		tm-3	0	0	0	0	52.58	0.67	41.38	0	0.49	3.09	98.21

0 – содержание компонента ниже уровня определения

Таблица 3-7. Составы апатитов лампрофиров чуйского комплекса.

Анализ проводился методом LA ICP-MS

Размер фракции	-0.1+0.05'	-0.2+0.1'	-0.5+0.2'	-0.1+0.05'	-0.5+0.2'	-0.1+0.05'	-0.2+0.1'
Ареал	Южно-Чуйский					Юстыдский	
Порода	Лампрофир						
Образец	auta1	auta1	auta1	dga2	dga2	pb15	pb15
Содержание главных минералообразующих элементов, мас.%							
Al ₂ O ₃	0	0.006	0.011	0	0.005	0	0.022
FeO	0.22	0.12	0.15	0.34	0.34	0.40	0.42
CaO	55.05	54.85	53.20	54.40	54.19	54.06	53.96
SrO	0.53	0.06	0.88	0.48	0.43	0.17	0.25
MnO	0.05	0.10	0.05	0.07	0.06	0.09	0.10
P ₂ O ₅	40.20	41.54	40.08	39.93	40.16	39.60	39.69
Cl	0.08	0.09	0.07	0.16	0.13	0.45	0.50
F	2.17	3.70	2.84	1.93	1.95	3.16	2.62
ThO ₂	0	0	0.011	0.016	0	0	0
BaO	0.020	0.006	0.027	0.019	0.044	0.027	0
Сумма	97.40	98.89	96.11	96.50	96.45	96.52	96.35
Содержание редких и редкоземельных элементов, ppm							
Rb	0.048	2.787	0.037	1.051	0.022	0.089	0.060
Ba	128.48	48.86	82.78	73.61	46.75	41.36	44.61
Th	45.10	9.15	38.98	41.44	34.60	18.90	9.27
U	3.04	10.70	3.22	3.24	2.76	2.21	1.32
Nb	0.028	0.120	0.031	0.105	0.024	0.059	0.039
Ta	0	0.032	0.001	0.003	0.006	0	0
La	582.26	358.24	1166.92	645.45	496.78	1297.58	846.97
Ce	1819.33	1054.44	3319.96	1833.80	1509.77	3011.51	2252.93
Pr	243.21	153.87	382.21	276.56	218.68	372.74	268.10
Nd	1119.37	744.38	1546.61	1244.80	994.41	1439.62	1109.95
Sm	197.97	237.79	247.52	234.09	181.60	212.27	161.23
Eu	48.48	24.43	56.52	46.67	38.36	36.30	34.06
Gd	156.01	337.59	183.16	167.91	135.01	179.13	151.60
Tb	11.34	62.14	14.28	13.79	11.07	15.20	12.75
Dy	45.81	432.28	58.12	61.15	48.75	73.01	59.39
Ho	6.61	86.88	8.56	9.61	7.24	12.30	9.24
Er	13.78	232.43	20.13	21.50	16.19	29.56	21.48
Tm	1.55	32.52	2.21	2.33	1.69	3.32	2.49
Yb	7.35	191.07	12.21	12.35	8.67	17.01	12.51
Lu	0.95	24.95	1.66	1.56	1.21	2.39	1.67
Sr	6098.39	2060.68	7215.58	4621.10	3882.56	2069.81	2231.48
Hf	0.121	0.106	0.098	0.159	0.105	0.095	0.111
Zr	9.64	1.44	7.08	9.60	7.44	8.16	8.82
Ti	2.66	5.97	1.61	2.91	3.05	1.65	1.80
Y	176.76	2262.27	246.99	264.97	190.19	334.45	265.82
Ca	429522.49	436477.69	387935.72	409522.21	395039.35	342808.40	403603.24
Cr	122.39	0.28	0.61	0.17	0.34	2.74	0.17
Mn	573.80	2168.15	660.76	703.51	681.44	588.03	615.53
Fe	1397.27	1529.01	1200.71	2344.54	2373.02	2432.28	3012.40
Ni	1.85	4.60	3.05	3.15	2.40	1.89	2.35
Ag	0.003	0	0	0.008	0	0.014	0.066
Sn	0.254	0.164	0.135	0.274	0.101	0.206	0.195
Sb	0.033	0.039	0.024	0.045	0.023	0.027	0.038
Cs	0.014	0.146	0.018	0.162	0.010	0.031	0.017
Pb	10.19	14.45	15.05	10.18	7.96	4.90	3.97

0-содержание компонента ниже уровня обнаружения.

Таблица 3-8. Составы полевых шпатов лампрофиров чуйского комплекса.

Ареал	Номер образца	Минерал	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	SrO	Сумма
Акташский	Ak1	Кальцит	0,33	0,01	0	0	0,24	0,06	0,43	50,02	0	0	0	0	51,08
	Ak1	Кальцит	0	0	0	0	0,20	1,60	0,48	52,09	0	0	0	0	54,36
	Ak1	Кальцит	0	0	0	0,16	0,25	0,44	1,30	51,27	0,05	0	0	0	53,47
	Ak1	Кальцит	0	0	0	0	0,29	0,47	1,42	51,80	0,02	0	0	0	53,99
Южно-Чуйский	chib-1	Кальцит	0	0	0	0	0,69	1,61	0,75	45,78	0	0	0	0	49,55
	chib-1	Кальцит	0	0	0	0	0	0	0	53,37	0	0	0	0	54,06
	dar-5	Доломит	0	0	0	0	4,21	0	18,21	30,67	0	0	0	0	53,09
	dar-5	Доломит	0	0	0	0	3,86	0,98	16,35	32,03	0	0	0	0	53,22
	dar-5	Доломит	0	0	0	0	5,33	0,53	15,77	30,82	0	0	0	0	52,45
	dar-5	Доломит	0	0	0	0	3,23	2,22	14,61	31,62	0	0	0	0	51,68
	dar-5	Доломит	0	0	0	0	1,58	0,52	19,09	30,95	0	0	0	0	52,14
	dar-5	Кальцит	0,56	0	0,28	0	0,50	0	0,30	53,62	0	0	0	0	55,26
	dar-8	Кальцит	0	0	0	0	0	0	0	57,72	0	0	0	0,80	57,72
	dar-8	Кальцит	0	0	0	0	0	0,46	0	49,15	0	0	0	0	49,62
	dga-2	Кальцит	0	0	0	0	0	0	0	53,70	0	0	0	0	53,70
	dga-2	Кальцит	0	0	0	0	0	0	0	50,04	0	0	0	0	50,04
	kok-7	Доломит	0	0	0	0	6,52	0,79	17,38	29,22	0	0	0	0	53,90
	kok-7	Доломит	0,66	0	0	0	5,60	0,67	15,90	31,17	0	0	0	0	54,01
	t-22	Доломит	0	0	0	0	5,47	1,16	19,42	27,30	0	0	0	0	53,35
	t-22	Доломит	0	0	0	0	4,50	0,80	16,77	31,12	0	0	0	0	53,19
	t-25	Доломит	1,07	0	0,87	0	4,99	0,57	17,51	28,81	0	0	0	0	53,82
	t-25	Доломит	0,60	0	0	0	4,82	1,14	17,98	30,63	0	0	0	0	55,16
	t-25	Доломит	0,68	0	0	0	5,17	0,57	16,60	28,32	0	0	0	0	51,34
	t-27	Кальцит	0	0	0	0	0	0	0	51,45	0	0	0	0	51,45
	t-27	Кальцит	0	0	0	0	0	0,63	0,50	50,40	0	0	0	0	51,53
	t-31	Доломит	1,39	0	0,42	0	7,96	0,93	16,43	28,39	0	0,23	0	0	55,75
	t-8	Кальцит	0	0	0	0	0	0,49	0	53,16	0	0	0	0	53,65
	tar-7	Кальцит	0	0	0,30	0	0	1,21	0	50,53	0	0,30	0	0	52,04

Продолжение таблицы 3-8.

Ареал	Номер образца	Минерал	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	SrO	Сумма
Южно-Чуйский	tar-9	Доломит	1,80	0	0,96	0	6,27	0,41	15,16	29,80	0	0	0	0	54,40
	tar-9	Доломит	4,56	0	0	0	5,72	0	17,46	26,95	0	0	0	0	54,69
	Tur	Кальцит	0	0,03	0	0	0,03	0,02	0	52,01	0	0	0	0	52,08
	tz-1	Доломит	0	0	0	0	3,24	1,01	11,46	38,38	0	0	0	0	54,09
	tz-1	Кальцит	0	0	0	0	0	0,43	0	51,08	0	0	0	0	51,51
Юстыдский	pb-5	Кальцит	2,55	0	0,42	0	0	1,10	0,83	48,44	0	0	0	0,72	53,33
	pb-5	Кальцит	0	0	0	0	0	0,72	1,86	48,65	0	0	0	0	51,23
	pb-5	Кальцит	0	0	0	0	0	0,72	1,92	48,82	0	0	0	0	51,46
	pb-5	Кальцит	1,58	0	0,45	0	0,78	0,84	1,18	48,62	0	0	0	0	53,75
	pb-5	Кальцит	0,53	0	0	0	0	0,79	0	50,72	0	0	0	0	52,04
	pb-5	Кальцит	0	0	0	0	0	0	0	51,90	0	0	0	0	51,90
	Pog2	Кальцит	0	0	0	0	0,05	0,11	0	57,87	0	0,02	0	0	58,05
	Pog2	Кальцит	0	0	0	0	0,08	0,18	0	57,14	0	0,02	0	0	57,42
	Pog2	Кальцит	0	0	0	0	0,07	0,21	0	54,65	0	0	0	0	54,95

*0- содержание элемента ниже порога обнаружения.

Таблица 3-9. Состав оксидов лампрофиров чуйского комплекса и пород Тархатинского массива

Ареал	Порода	Образец	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	ZnO	V ₂ O ₃	Сумма	
Хромит															
Южно-Чуйский	лампрофир	dar-5	0	0,95	8,11	56,83	25,29	0	12,39	0,46	0	0	0	104,02	
		t-25	0	1,22	6,18	58,13	26,53	0	10,26	0	0	0	0	102,32	
		tz-1	0	1,4	4,74	54,82	31,3	1,83	4,48	1,27	0	1,02		100,87	
Гётит															
Южно-Чуйский	лампрофир	chib-1	3,02	0,35	1,44	0,77	80,02	0	1,21	0	0	0	0	86,81	
		dar-5	5,37	1,15	1,42	0	79,72	0	1,26	0,38	0	0	0	89,3	
		dar-5	3,4	1,62	0,79	0	77,25	0	0,8	1,8	0	0	0	85,67	
		dga-3	0	0,68	0,76		84,57	0	0	0	0	0	0,59	86,6	
		t-22	0,96	2,09	0	0,44	79,13	0	0	0,43	0	0	0	83,05	
		t-25	1,16	0,37	1	0	83,29	0	0	0,35	0	0	0,47	86,63	
		t-8	1,33	0	0	0	83,25	0	0	0	0,39		0,51	85,48	
		tar-11	0	2,04	0	0	87,82	0	0	0	0	0	0	89,85	
		tar-9	1,54	0	0,62	0	71,89	0	1,41	5,6	0	0	0	81,06	
	tm-3	0	0	0	2	84,9	0	0	0	0	0	0,51	87,41		
Гематит															
Южно-Чуйский	лампрофир	t-26	0	0	0	1,91	93,77	0	0	0	0	0	0	95,69	
Ильменит															
Южно-Чуйский	лампрофир	t-26	0	45,94	0	0	49,83	1,58	0	0	0	0	0	97,34	
		t-26	0	55,11	0	0	43,65	4,75	0	0	0	0	0	103,52	
	сиенит Тархатинского массива	tm-3	0	53,03	0,94	0	42,66	0	2,97	0	0	0	0	96	100,56
		tm-3	0	53,54	0,77	0	44,6	0	2,27	0	0	0	0	0	101,19
		tm-3	0	48,21	1	0	39,96	0	2,09	0	0	0	0	0	91,26
	tm-3	0	51,29	0,72	0	42,57	0	2,02	0	0	0	0	0	96,6	
Магнетит															
Южно-Чуйский	лампрофир	dar-5	4,71	1,87	2,31	0	81,96	0	1,67	0,31	0,16	0	1,41	94,39	
		dar-5	3,17	2,3	0,79	0	84	0	0	0,59	0	0	0	90,84	
		dar-5	2,25	4,77	1,28	0	87,08	0	0	0,39	0	0	0,71	96,48	
		dar-8	0,66	4,37	1,04	0	81,02	1,08	0	0,38	0	0	0,46	89,01	
		dga-2		5,12	2,53	0	85,68	0,77	0	0,5	0	0	0,63	95,24	
		dga-2	1,9	6,56	1,85	0	78	0,77	0,63	0	0	0	0,5	90,22	
		dga-2		5,5	2,38	0	85,38	0,9	0	0	0	0	0	94,17	
		dga-2		4,84	1,97	0	85,09	1,02	0	0	0	0	0	92,91	
		dga-3		4,39	2,36	0	81,69	0	0	0,53	0	0	0,54	89,52	
t-15	2,7	0,48	1,57	0	87,48	0	1,16	0	0	0	0,69	94,08			

Продолжение таблицы 3-9.

Ареал	Порода	Образец	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	ZnO	V ₂ O ₃	Сумма
Южно-Чуйский	лампрофир	t-22	0,81	1,3	0,81	0	89,67	0	0	0,55	0	0	0,75	93,89
		t-25	1,18	0,75	1,89	0	86,12	0	0	0	0	0	0,94	90,88
		t-25	3,08	0,65	1,42	0	87,82	0	1,01	0,2	0,42	0	0	94,59
		t-26	0	0	0	2,41	92,25	0	0	0	0	0	0,9	95,56
		t-31	0,77	6,54	3,19	0	83,29	0	0	0	0	0	0	93,79
		tar-11	0	0,63	0	0	90,52	0	0	0	0	0	1	92,15
		tar-11	0	3,7	0	0	89,19	0	0	0	0	0	0	92,9
		tar-11	0	4,72	0	0	86,62	0	0	0	0	0	0	91,34
		tar-11	0	2,35	0	0	93,67	0	0	0	0	0	0	96,02
		tar-11	0	1,08	0	0	94,12	0	0	0	0	0	0,6	95,81
		tm-3	0	2,59	2,12	2,91	85,01	0	1,19	0	0	0	0,72	94,54
		сиенит												

0 – содержание компонента ниже предела обнаружения;

Таблица 3-10. Составы целестинобарита в лампрофитах чуйского комплекса.

Ареал	Номер образца	FeO	MgO	CaO	BaO	SrO	SO ₃	Сумма
Южно-Чуйский	tar-11	1,29	0	0	61,73	1,69	35,29	100
	tar-11	2,34	0	0	62,79	1,32	33,55	100
	dga-2	0	0	0	63,47	1,21	35,33	100
	dga-3	2,98	0	0	59,81	2,23	34,99	100
	dga-3	4,94	0	0	59,9	1,64	33,52	100
	dar-5	0	0	0	57,81	6,71	35,47	100
	dar-5	0	1,18	5,63	55,99	4,35	32,85	100
	t-31	0	0	0	61,2	3,68	35,12	100
	t-31	0,63	0	0	62,95	1,76	34,66	100
	t-31	0	0	0,42	63,98	1,4	34,21	100
	t-27	0	0	0	53,62	10,15	36,24	100
	t-27	0	0	0	45,77	16,97	37,26	100
	t-25	0	0	0	64,95	0,8	34,25	100

Результаты анализа, приведённые к 100%;
 0-содержание элемента ниже порога обнаружения.

Таблица 3-11. Состав акцессоринных минералов в породах чуйского комплекса и породах Тархатинского массива.

Ареал	Порода	Образец	Минерал	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	K ₂ O	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	ZrO ₂	Сумма
Южно-Чуйский	лампрофир	t-16	Рутил	1.67	89.84	0.53	0.71			0.58			1.27	94.59
Южно-Чуйский	лампрофир	t-31	Рутил	4.73	89.31	3.34	3.19	2.39						102.96
Тархатинский массив	сиенит	tarm-5	Титанит	29.54	34.83	1.72	2.44		25.48		1.34	1.27		96.62
Тархатинский массив	сиенит	tarm-5	Титанит	30.51	35.3	1.34	2.24		26.67		1.56	0.65		98.26
Тархатинский массив	сиенит	tarm-5	Циркон	32.2		0.28	0.95						67.09	100.53

Таблица 4-1. Состав пород даек чуйского комплекса и сиенитов Тархатинского массива.

Ареал	Акташский			Южно-Чуйский					
Названия пород	минетты			минетты					
Образец	Chib1	Ak1	Ak2	Auta1	Dar1	Dga1	Irb2	Kok2	Kok6
<i>Породообразующие элементы, вес. %</i>									
SiO ₂	40.69	56.13	41.61	58	49.54	50.38	47.43	44.29	38.62
TiO ₂	1.15	1.41	1.07	0.76	1.31	1.1	1.44	1.75	0.91
Al ₂ O ₃	9.84	10.98	9.66	13.55	11.85	11.52	10.42	8.6	8.72
Fe ₂ O ₃ (сум)	8.54	6.12	7.77	4.71	6.9	6.43	6.55	8.57	7.99
CaO	11.63	3.87	10.29	3.91	5.59	6.45	5.45	6.01	9.88
MgO	10.62	6.89	9.84	3.56	10.79	8.85	7.33	8.3	13.87
BaO	0.48			0.21	0.23	0.58	0.07	0.11	0.22
MnO	0.14	0.06	0.14	0.08	0.1	0.1	0.08	0.17	0.19
K ₂ O	7.33	8.64	8.11	5.31	4.15	3.77	2.28	0.92	4.58
Na ₂ O	0.31	0.7	0.35	2.97	1.66	2.54	2.08	2.39	0.29
P ₂ O ₅	1.32	0.96	1.4	0.58	1.13	1.18	1.98	0.91	1.01
LOI	7.78	3.68	9.09	6.26	6.7	6.77	13.36	17.6	13.11
Сумма	99.82	99.44	99.32	99.89	99.95	99.66	98.48	99.6	99.39
FeO%	5.25		5.05	2.73	3.31	4.12			
Fe ₂ O ₃ %	2.71		2.16	1.68	3.23	1.86			
#Mg	71.13	69.04	71.50	59.96	75.60	73.17	68.91	65.74	77.47
<i>Редкие и редкоземельные элементы, ppm</i>									
Rb	228		238	126	213	163	124	77	431
Sr	1793		1465	261	719	2853	770	701	1022
Y	29.67		30.77	32.93	29.97	32.95	50	31	39
Zr	372		375	631	569	445	931	1033	482
Nb	13.88		12.62	24.29	18.71	16.70	15	35	13.4
Sb	0.25		0.23	0.92	1.48	1.56	6.9	13.6	2.1
Cs	18.14		20.76	6.98	9.06	9.58	32	30	28
Ba	4587		4476	1861	2025	5146	670	1250	2772
La	90		93	118	85	121	118	128	90
Ce	184		189	250	222	273	294	327	197
Pr	23		25	31	32	37	39	52	32
Nd	95		94	119	142	150	182	213	150
Sm	18.30		16.91	21.43	28.14	29.37	37	34	28
Eu	4.41		3.72	4.90	5.61	7.26	8.7	6.9	7.4
Gd	13.07		14.14	12.59	15.68	18.71	25	23	17.5
Tb	1.41		1.59	1.45	1.55	1.80	2.8	1.97	1.98
Dy	6.29		6.98	6.60	6.56	7.53	11.3	7.8	8.3
Ho	0.90		1.08	1.03	0.94	1.04	1.78	1.26	1.38
Er	2.29		2.67	2.78	2.46	2.54	4.3	3.3	3.2
Tm	0.31		0.31	0.43	0.33	0.35	0.58	0.44	0.44
Yb	1.87		1.88	2.68	1.98	2.18	3.2	2.6	2.6
Lu	0.30		0.25	0.40	0.32	0.35	0.43	0.32	0.36
Hf	8.79		9.98	16.94	14.69	11.09	26	25	11.6
Ta	0.59		0.86	1.50	0.98	0.83	1.36	2.2	0.74
Th	44		50	120	84	80	89	104	62
U	7.13		8.88	10.52	12.85	9.84	8.3	5.8	13
<i>Рудные элементы, ppm</i>									
Hg			0.03						
As			9.29						
W	1.96			0.66	1.68	1.53			
Pb	146			26	82	124			
Sc	23.66			13.51	19.38	20.85			
V	224			143	278	203			
Cr	566			258	561	568			
Co	46.67			17.50	39.73	35.69			
Ni	351			108	414	266			
Cu	132			99	96	100			
Zn	89			90	79	77			
Mo	0.24			0.42	0.58	0.47			
Sn	4.50			9.27	9.91	6.67			

Продолжение Таблицы 4-1.

Ареал	Южно-Чуйский								
Названия пород	минетты								
Образец	T12	T15	T21/1	T21/2	T27/2	T28	T5	Tar14	Tar21
<i>Породообразующие элементы, вес. %</i>									
SiO ₂	52.88	54.09	51.37	47.64	46.78	51.75	57.51	47.73	44.67
TiO ₂	1.7	1.69	1.93	1.87	1.15	1.66	1.52	1.03	1.11
Al ₂ O ₃	11.95	12.83	10.88	9.78	10.93	11.7	12.39	11.44	10.37
Fe ₂ O ₃ (сум)	5.08	5.04	6.84	6.87	6.37	6.25	4.79	6.85	6.15
CaO	7	5.11	5.25	7.74	7.85	4.02	3.21	6.8	7.72
MgO	5.59	6.37	7.66	6.19	7.99	9.15	6.35	8.54	10.14
BaO	0.16	0.12	0.16	0.11	0.26	0.23	0.14	0.37	0.38
MnO	0.19	0.11	0.11	0.09	0.1	0.11	0.12	0.12	0.11
K ₂ O	4.94	7.42	8.83	7.01	2.14	7.18	9.96	6.73	7.14
Na ₂ O	2.02	1.43	1.02	0.62	2.93	0.29	0.22	1.63	0.51
P ₂ O ₅	0.54	0.52	0.96	0.99	0.94	0.75	0.5	1.01	1.48
LOI	7.82	5.33	4.7	10.85	11.99	6.79	3.19	7.66	9.88
Сумма	99.87	100.04	99.71	99.75	99.41	99.88	99.92	99.91	99.67
FeO%							2.89	3.88	
Fe ₂ O ₃ %							1.58	2.54	
#Mg	68.55	71.46	68.93	64.09	71.30	74.36	72.42	71.18	76.56
<i>Редкие и редкоземельные элементы, ppm</i>									
Rb	238	520	383	205	99	307	369	223	101
Sr	505	320	752	619	798	603	207	946	456
Y	40	25	31	25	29	27	16.34	27.57	16.9
Zr	1548	1465	1669	1345	828	1096	846	359	238
Nb	54	44	52	48	28	35	35.33	18.46	10.7
Sb	4.4	1.22	0.96	4.3	0.79	1.48	0.68	0.81	1.05
Cs	8.9	41	9.4	10.1	21	7.4	6.81	31.43	5.1
Ba	2449	1740	2213	1085	2543	2192	1353	3398	1929
La	167	157	197	167	112	122	106	93	55
Ce	431	386	463	394	307	279	245	199	120
Pr	66	56	68	49	45	46	32	26	22
Nd	251	220	248	205	183	165	120	104	86
Sm	36	30	34	28	29	25	18.00	19.10	14.3
Eu	7.2	5.7	7	5.4	7.1	5.1	3.28	4.84	3
Gd	26	21	25	15.2	17.3	14.3	9.48	12.36	8.4
Tb	2.3	1.69	2.1	1.55	1.75	1.52	0.90	1.30	0.89
Dy	8.6	6.5	8.2	6.2	7	6.1	3.73	5.71	3.8
Ho	1.28	1.04	1.37	0.96	1.03	1.02	0.53	0.86	0.62
Er	3.3	2.8	3.7	2.4	2.4	2.5	1.43	2.31	1.5
Tm	0.38	0.35	0.49	0.33	0.31	0.33	0.19	0.32	0.2
Yb	2.3	2.2	3	1.97	1.7	1.97	1.20	1.97	1.2
Lu	0.28	0.28	0.38	0.26	0.22	0.27	0.19	0.32	0.16
Hf	36	35	40	34	21	31	22.83	9.33	8.8
Ta	3.6	2.9	3.2	3	1.57	2.5	2.32	0.94	0.58
Th	92	86	119	78	91	83	49	55	45
U	14.4	12.6	12.1	10.9	12	8.6	9.45	6.71	8.4
<i>Рудные элементы, ppm</i>									
Hg									
As									
W							1.67	2.47	
Pb							47	70	
Sc							11.42	22.22	
V							147	175	
Cr							322	516	
Co							24.78	37.98	
Ni							216	318	
Cu							119	84	
Zn							97	90	
Mo							0.44	1.09	
Sn							10.17	5.35	

Продолжение Таблицы 4-1.

Ареал	Южно-Чуйский								
Названия пород	минетты								
Образец	Tar22	Tar25	Tar5	TarP1	R76	R96e	Tar1	Tar2	Tar3
<i>Породообразующие элементы, вес. %</i>									
SiO ₂	50.25	50.16	54.13	56.13	52.88	46.69	46.69	59.74	54.06
TiO ₂	1.01	1.38	1.45	1.08	1.45	1.33	1.31	1.2	1.29
Al ₂ O ₃	11.01	11.87	11.72	13.89	10.58	8.28	10.2	12.37	11.19
Fe ₂ O ₃ (сум)	5.76	5.83	5.35	5.11	7.16	7.93	6.55	5.75	4.74
CaO	6.06	4.99	4.83	3.4	6.42	6.51	5.24	3.27	8.12
MgO	6.92	7.94	7.71	5.13	6.28	13.46	11.92	5.24	7.45
BaO	0.21	0.24	0.22	0.15					
MnO	0.09	0.09	0.08	0.12	0.07	0.13	0.11	0.08	0.08
K ₂ O	7.33	8.77	8.73	9.24	7.78	7.17	8.68	8.63	8.48
Na ₂ O	1.47	0.78	1.41	1.46	0.28	0.48	0.3	1.95	1.24
P ₂ O ₅	0.95	1.04	0.98	0.42	1.37	1.74	1.56	0.56	1.24
LOI	8.77	6.55	3.33	3.81	5.51	5.43	6.59	0.82	1.18
Сумма	99.83	99.63	99.93	99.95	99.78	99.14	99.14	99.61	99.08
FeO%			2.58	2.42	3.57	3.78	3.45	3.63	2.97
Fe ₂ O ₃ %			2.49	2.42	3.2	3.73	2.72	1.72	1.44
#Mg	70.41	72.96	74.06	66.54	63.47	77.08	78.28	64.35	75.69
<i>Редкие и редкоземельные элементы, ppm</i>									
Rb	326	500	442	272	189	234	532	303	209
Sr	848	836	499	184	463	1408	708	877	333
Y	33	31	22.14	14.12	30.28	31.59	29.22	20.48	42.80
Zr	859	937	779	697	749	815	615	660	554
Nb	25	29	26.24	36.48	24.82	17.58	11.71	26.05	16.33
Sb	3.6	0.92	0.38	0.19	0.61	0.84	1.06	0.38	0.91
Cs	8.8	13.4	38.38	8.53	3.80	27.64	12.54	23.27	7.18
Ba	2413	2505	2020	1450	1747	4866	3987	1707	2849
La	107	103	77	99	94	119	126	100	75
Ce	267	281	202	210	217	293	316	211	169
Pr	43	46	30	26	30	42	47	27	23
Nd	181	196	126	90	123	181	206	96	94
Sm	31	33	22.29	11.91	22.28	30.73	34.63	13.49	21.68
Eu	6.7	6.2	4.18	2.42	4.94	6.74	7.83	2.87	3.83
Gd	17.7	17.3	11.69	6.84	16.11	19.64	19.65	9.28	16.64
Tb	1.87	1.75	1.15	0.69	1.59	1.83	1.79	0.94	1.88
Dy	7.4	7.1	4.76	3.01	6.11	6.69	7.05	4.34	8.71
Ho	1.16	1.12	0.71	0.46	0.89	1.01	1.04	0.69	1.4
Er	2.9	2.7	1.87	1.23	2.42	2.27	2.42	1.82	3.9
Tm	0.41	0.37	0.25	0.19	0.31	0.31	0.31	0.25	0.56
Yb	2.4	2.2	1.63	1.14	2.01	1.68	1.68	1.55	3.03
Lu	0.31	0.28	0.25	0.17	0.27	0.25	0.22	0.24	0.43
Hf	24	27	20.31	18.52	21.42	22.79	17.35	20.18	16.24
Ta	1.48	1.83	1.57	2.21	1.59	1.22	0.93	2.71	1.49
Th	136	104	72	39	86	103	100	49	83
U	16.1	14.2	11.54	6.93	11.94	12.57	13.90	8.32	7.26
<i>Рудные элементы, ppm</i>									
Hg					<0,003	<0,003	<0,003	0.005	0
As					4.83	25.32	25.59	3.07	14.27
W			1.16	2.98					
Pb			63	488					
Sc			16.10	13.08					
V			223	131					
Cr			427	265					
Co			29.71	22.39					
Ni			265	154					
Cu			150	40					
Zn			109	543					
Mo			0.49	0.63					
Sn			11.35	7.81					

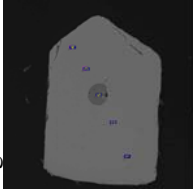
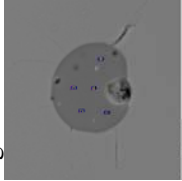
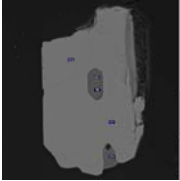
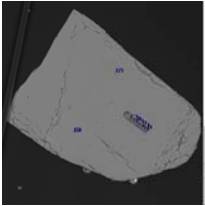
Окончание Таблицы 4-1.

Ареал	Южно-Чуйский			Юстыдский							
Названия пород	сиениты			минетты							
Образец	TM1	TM2	TM3	PB1	PB2	Oz1	Oz2	Pog	Sai	Tur1	Tur2
Породообразующие элементы, вес. %											
SiO ₂	60.98	60.72	57.61	53.55	47.12	51.95	47.85	48.56	44.58	48.03	47.23
TiO ₂	1.01	1.12	1.25	1.1	1.18	1.35	1.31	1.31	1.59	1.61	1.33
Al ₂ O ₃	14.36	14.15	13.83	14.56	13.05	11.97	12.22	13.33	10.01	12.61	11.47
Fe ₂ O ₃ (сум)	4.58	4.08	4.99	6.14	7.37	7.83	8.25	7.83	10.9	9.27	8.56
CaO	2.62	2.74	3.81	5.5	10.07	6.31	8.95	7.36	9.49	8.51	8.8
MgO	3.87	4.03	5.66	5.16	7.56	7.61	9.64	4.21	12.52	9.34	9.65
BAO	0.12	0.12	0.19	0.33	0.38						
MNO	0.06	0.05	0.07	0.09	0.11	0.11	0.15	0.16	0.2	0.17	0.16
K ₂ O	8.05	9.13	8.94	7.53	8.45	7.37	5.76	7.04	4.99	5.69	6.28
Na ₂ O	2.29	2.11	1.85	2.92	0.93	2.12	1.37	2.33	1.45	2.11	0.91
P ₂ O ₅	0.4	0.4	0.56	0.83	1.17	1.36	1.15	1.11	1.27	1.03	1.26
LOI	1.62	1.13	0.57	1.05	2.45	1.65	3.03	5.92	2.53	1.15	3.88
SUMMA	99.96	99.79	99.32	99.65	99.83	99.63	99.7	99.16	99.53	99.54	99.52
FeO%				2.96	4.36	3.94	4.79		6.7		
Fe ₂ O ₃ %				2.85	2.53	3.46	2.93		3.46		
#Mg	62.60	66.18	69.20	62.47	67.02	65.82	69.83	51.58	69.47	66.62	69.07
Редкие и редкоземельные элементы, ppm											
Rb	398	385	581	157	143	255	104		235		
Sr	736	702	1442	1163	1449	732	1663		605		
Y	18.4	19	35	33.73	43.12	32.90	32.81		24.23		
Zr	208	492	449	402	452	468	407		279		
Nb	30	27	50	25.58	30.84	19.15	17.08		12.63		
Sb	0.66	0.68	0.91	0.43	0.44	0.45	0.61		0.90		
Cs	34	30	46	2.31	2.58	12.41	2.59		26.59		
Ba	1529	1685	2599	3247	3970	2882	2933		3774		
La	103	78	168	115	158	105	133		84		
Ce	225	196	376	232	310	212	261		182		
Pr	32	30	55	28	38	27	32		24		
Nd	114	101	195	104	146	102	114		90		
Sm	17	14.8	28	18.41	25.22	17.46	18.88		14.59		
Eu	3.5	2.9	5.5	4.75	6.92	4.45	5.37		3.46		
Gd	12.7	8.4	15.8	12.29	18.08	14.25	14.50		11.68		
Tb	1.13	0.93	1.69	1.42	1.98	1.63	1.73		1.25		
Dy	4.8	4	7.4	6.79	8.90	7.39	7.45		5.57		
Ho	0.8	0.68	1.24	1.08	1.33	1.22	1.19		0.88		
Er	2.1	1.71	3.2	2.82	3.42	3.10	2.80		2.07		
Tm	0.29	0.24	0.44	0.42	0.48	0.43	0.37		0.29		
Yb	1.72	1.44	2.6	2.60	2.96	2.41	2.20		1.67		
Lu	0.22	0.21	0.35	0.38	0.48	0.34	0.3		0.22		
Hf	6.5	13.7	14.1	8.85	9.20	12.94	9.94		7.25		
Ta	2.1	2.2	3.8	1.22	1.23	1.46	1.42		1.06		
Th	72	62	106	31	33	35	28		18		
U	4.2	6.9	15.2	5.19	6.83	7.59	5.48		4.98		
Рудные элементы, ppm											
Hg						<0,003	0.007		0.08		
As						2.03	4.09		6.79		
W				2.00	1.07						
Pb				65	93						
Sc				14.77	19.47						
V				120	143						
Cr				175	265						
Co				22.33	29.30						
Ni				118	182						
Cu				42	60						
Zn				84	139						
Mo				0.38	0.38						
Sn				2.63	2.25						

пропуск – содержание элемента не измерялось.

0 или <... - содержание элемента ниже порога обнаружения.

Таблица 5-1. Составы грейных расплавных включений из апатитов исследуемых пород.
Данные сканирующей микроскопии.

Порода	Образец	Объект анализа	Спектр	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SrO	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	F	Сумма
лампрофир	Dga2 	минерал - хозяин	1	0.79		0		0.4		0.32	51.76			1.69	41.2	0.6	0.21	1.08	98.04
			2	0.88		0.17		0.36		0.41	52.26			1.7	41.18	0.6	0.2	1.53	99.29
			3	0.75		0				0.33	51.71			1.69	40.9	0.62	0.18	1.78	97.97
			4	0.73		0		0.39		0.46	51.87			1.75	41.43	0.55	0.2	1.39	98.76
			5	61.14	0.67	13.62		3.76		1.29	4.39	2.88	5.55		0.99	0.22			94.52
	Dga2 	включение	1	62.96	0.7	13.4	0.18	3.69		1.26	4.42	2.93	5.75		1.01	0.2	0.38	2.78	96.49
			2	62.23	0.7	13.38		3.68	0	1.19	4.35	2.74	5.94		1.08		0.45	2.72	95.29
			3	62.34	0.72	13.98		3.76		1.31	4.63	2.95	5.81		1.15				96.64
			4	62.64	0.52	13.94		3.8		1.24	4.8	2.99	5.78		1.21				96.93
			5	62.64	0.62	14.02		3.78	0.14	1.24	4.49	2.84	5.75		0.96		0.1		96.49
сиецит	TM3 	минерал - хозяин	1	0.92							51.88	0.2		1.24	40.33	0.3			98.03
			2	0.94						0	51.8	0.22		1.42	40.42	0.37			98.34
			3	68.35		19.12				0	9.43	1.63	0.37						98.91
			4	61.27	0.32	13.68		0.58		0.28	3.33	2.83	5.95		0.46		0.25	2.15	88.7
			5	65.14		15.83		0.17		0.13	2.55	3.28	6.69				0.16	1.76	93.88
лампрофир	T8 	минерал - хозяин	1	0.88							51.83			2.09	40.95	0.6			98.91
			2	0.68							51.84			2.02	40.28	0.55			98
		включение	3	66.43		13.64		1.29			1.01	2.78	8.08						93.22
			4	74.6		7.52		1.31			0.57	1.5	5.38						90.89
			5	73.57		9.24					1.6	1.58	5.78		0.8				92.57
			6	65.83		15.17		0.48			1.09	2.83	8.34						93.73
			7	66.13		15.1		0.69			1.08	2.98	8.42						94.4
			8	65.38		16.55		0.95			1.44	3.44	8.93						96.69

Продолжение таблицы 5-2.

Порода	Образец	Объект анализа	Спектр	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SrO	Ce ₂ O ₃	ZrO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl	F	Сумма
Лампрофир	Turgen2	включение	1	1.11		0.47		0.35	2.01	0.41	47		0.17								51.53
			2	1.18		0.59		0.35	1.77	0.27	46.79	н.п.о.	0.25								51.19
			3	0.34		н.п.о.		0.24	3.09	0.53	45.6		н.п.о.				н.п.о.		0.23	2.34	49.8
		минерал - хозяин	4	0.58		0.19				н.п.о.	51.99	0.19		2			40.88	0.3	0.21	2.41	98.53
			5	0.79							51.84			2.11	0.53		41.04	0.7			98.92
		включение	6	0.53		0.15		0.39	3.85	0.55	45.49		0.12				н.п.о.				51.08
			7	1.8		0.83		0.4	1.92	0.48	46.2		0.31				н.п.о.				51.95
	PB6	минерал - хозяин	1	53.36	0.35	1.95	0.37	4.08		16.93	22.07	0.44					н.п.о.				99.54
			2	52.97	0.37	2.12	0.82	3.72		16.68	21.79	0.34					н.п.о.				98.8
		включение	3	23.19	1.13	10.51		9.24		15.11	22.22	0.28	2.7				15.42				99.8
			4	39.17	2.94	12.74	0.47	12.18		17.73	3.26	0.34	6.65				0				95.47
			5	40.35		10.32	1.52	15.54		18.47	8.09	0.31	0.39				0				94.98
			6	33.84		11.34	1.96	17.26		17.63	2.03	0.16	0.49				0.25				84.97
			7	36.75	0.42	9.77	1.26	16.7		16.9	9.46	0.47	0.95				1.92				94.6
	T8	включение	8	37.55		3.65	0.39	8.39	0.28	9.82	11.82	0.5				8.67	н.п.о.				81.07
			9	33.2	1.73	11	5.66	13.2		15.94	1.72		4.3				н.п.о.				86.75
			1	23.25	0.38	9.16	0.28	8.97	1.05	13.4	36.48	н.п.о.	0.18				1.28				94.43
			2	20.75	0.4	6.58	1.18	7.83	0.96	11.76	36.46	н.п.о.	0.25				1.79				87.96
			3	21.29	0.25	8.75	0.41	9.62	0.77	12.9	34.57	0.19	0.13				1.31				90.2
			4	17.63	0.38	11.68	0.99	12.71	1.63	12.98	34.01	н.п.о.	0.24				1.92				94.19
			5	23.53	0.27	5.46		7.87	0.93	11.84	35.26	н.п.о.					0.39				85.55
			6	5.39	8.42	10.03	1.8	16.99	2.05	17.13	19.56	н.п.о.	0.14				2.7				84.23
			7	23.21	0.32	6.95	0.47	7.86	0.72	11.74	37.61		0.11				1.1				90.09
			9	0.71							52.2			1.51			40.76		0.12	2.12	97.43
			10	0.71							51.98			1.61			40.81	0.62	0.24	2.41	98.38

Таблица 5-2. Составы включений из апатитов лампиров чуйского комплекса.

Номер образца	Номер анализа	Гретое/не гретое	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	F	Cl	SO ₃	UO ₂	ThO ₂	Сумма
Dga-2	1-1	не гретое	77.73	11.40	0.11	0.01	0.01	1.31	2.35	1.78	0.16	0.11	0.08	0	0	0.00	95.05
Dga-2	1-2	не гретое	58.73	18.20	7.07	0.17	2.29	0.63	8.78	0.56	0.11	0.37	0.02	0	0	0.01	96.96
Dga-2	1-3	не гретое	78.13	12.98	0.64	0.02	0.21	1.06	2.85	0.89	0.08	0.14	0.05	0.00	0	0.04	97.08
Auta-1	2-1	гретое	67.73	13.90	3.98	0.15	1.56	5.99	3.51	3.05	1.34	0.09	0	0.12	0.02	0.02	101.47
Auta-1	2-2	гретое	67.08	13.43	3.88	0.14	1.50	6.91	3.44	2.37	2.55	0.10	0	0.12	0.00	0.01	101.54
Dga-2	3-1	гретое	58.91	12.27	7.29	0.15	3.73	8.95	3.08	1.17	4.44	0.13	0.02	0.08	0.03	0.06	100.30
Dga-2	3-2	гретое	52.43	11.06	9.05	0.17	4.80	11.06	2.21	0.84	6.31	0.10	0	0.10	0.05	0.13	98.33
Dga-2	3-3	гретое	59.99	10.81	7.28	0.16	4.22	12.23	3.64	0.58	2.01	0.05	0.02	0.03	0	0	101.01
Dga-2	3-4	гретое	59.09	11.08	7.47	0.13	4.36	12.16	3.17	0.51	2.14	0	0	0	0	0	100.11
Dga-2	3-5	гретое	52.21	11.29	9.05	0.18	4.89	10.96	2.29	0.80	6.13	0.09	0	0.09	0.02	0.22	98.20
Dga-2	4-1	не гретое	100.24	0.41	0.05	0.00	0.00	0.21	0.07	0.13	0.02	0.12	0.02	0.03	0.02	0.00	101.29
Dga-2	4-2	не гретое	6.58	3.80	4.48	0.68	1.49	43.35	0.40	0.00	0.10	0.14	0	0	0	0	61.04
Dga-2	4-3	не гретое	8.28	4.63	0.76	0.59	0.13	44.96	1.83	0.05	3.62	0.16	0	1.46	0	0	66.46
Dga-2	5-1	гретое	40.15	7.45	1.74	0.10	0.03	10.79	0.42	0.91	0.84	0.13	0.12	0.06	0	0	62.74
Dga-2	5-2	гретое	39.32	8.02	1.64	0.11	0.04	11.32	0.43	1.03	0.99	0.35	0.14	0.03	0	0	63.42
Dga-2	6-1	гретое	57.93	12.58	4.36	0.17	1.85	9.38	4.96	1.98	3.91	0.23	0.02	0.50	0.07	0	97.93
Dga-2	6-2	гретое	57.39	12.42	4.91	0.24	2.37	9.76	4.86	1.92	3.54	0.21	0.02	0.51	0	0	98.15
Dga-2	6-3	гретое	57.29	12.72	4.40	0.19	1.93	9.35	4.38	1.39	3.50	0.22	0.01	0.52	0	0	95.90
Dga-2	6-4	гретое	3.11	1.59	0.47	0.05	0.00	21.95	0.53	0.28	6.20	0.05	0.11	0.84	0	0.03	35.20
Dga-2	7-1	гретое	62.48	14.05	4.14	0.13	1.52	7.77	5.10	0.58	1.73	0.10	0	0.12	0	0	97.71
Dga-2	7-2	гретое	62.67	14.01	3.71	0.10	1.24	6.78	5.36	0.57	1.32	0.17	0	0.11	0	0.03	96.07
Dga-2	7-3	гретое	48.38	9.39	2.90	0.10	0.84	19.83	4.02	0.48	13.17	0.57	0.02	0.26	0	0	99.94

*0 -содержание ниже предела обнаружения