

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий
Кафедра геологии, минералогии и петрографии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ С.И. Леонтьев

подпись

« _____ » _____ 20 ____ г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.02 «Прикладная геология»

21.05.02.04 «Прикладная геохимия, петрология, минералогия»

Геологическое строение, петрография и петрология Средне-Татарской
фельдшпатоидной интрузии

Руководитель

Профессор кафедры ГМиП

д-р геол.-минерал. наук

А.М. Сазонов

подпись, дата

Выпускник

Н.О. Комлева

подпись, дата

Рецензент

Главный геолог ООО

ГРК «Амикан»

канд. геол.-минерал. наук

А.Э. Динер

подпись, дата

Красноярск 2019

Продолжение титульного листа ВКР по теме: Геологическое строение,
петрография и петрология Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии

Консультанты по
разделам:

Геологическая часть

подпись, дата

О. Ю. Перфилова

Специальная часть

подпись, дата

А. М. Сазонов

подпись, дата

С.И. Леонтьев

Нормоконтролер

подпись, дата

Т.В. Полева

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий
Кафедра геологии, минералогии и петрографии

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ С.И. Леонтьев
(подпись)
« ____ » _____ 20 ____ г

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме дипломной работы**

Студентке Комлевой Наталье Олеговне.

Группа: МГП 14-05.

Специальность: 21.05.02 «Прикладная геология».

Специализация: 21.05.02.04 «Прикладная геохимия, петрология, минералогия».

Тема выпускной квалификационной работы: «Геологическое строение, петрография и петрология Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии».

Утверждена приказом по университету № 7701/с от 30.05.19.

Руководитель ВКР : проф., д-р геол.-минерал наук А.М. Сазонов.

Консультанты: О.Ю. Перфилова, С.И. Леонтьев.

Исходные данные для ВКР: коллекция горных пород интрузии, коллекция шлифов, фондовая и опубликованная литература по геологии района, ведомости химических и спектральных анализов пород интрузии.

Перечень рассматриваемых вопросов: геологическая характеристика района, геологическая характеристика Средне-Татарского массива, петрография и петрохимия пород Средне-Татарского массива, абсолютный возраст фаз фельдшпатоидной интрузии, вторичные геохимические ореолы.

Перечень графического материала: геологическая карта Горевского горнорудного района М.М. Лапшина (1990) масштаба 1:50 000, геологическая карта Средне-Татарского месторождения нефелиновых руд В.В. Терещенко (1961) масштаба 1:10 000.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
выполнения ВКР

Наименование и содержание этапа и разделов	Срок выполнения	Выполнил	Проверил
Геологическая характеристика района	23.01.-15.03.19		
Геологическая характеристика Средне-Татарского массива	15.03.-6.04.19		
Петрография пород Средне-Татарского массива	6.04.-16.05.19		
Петрохимия пород Средне-Татарского массива	16.05.-1.06.19		
Абсолютный возраст фаз фельдшпатоидной интрузии	1.06.-16.06.19		
Вторичные геохимические ореолы	16.06.-23.06.19		
Графические приложения	23.01-24.06.19		

« ____ » _____ 2019 г.

Руководитель ВКР

(подпись)

А. М. Сазонов

Задание принял к исполнению

(подпись)

Н. О. Комлевая

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Геологическое строение, петрография и петрология Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии» содержит 82 страницы текстового документа, 16 использованных источников, 9 листов графического материала.

СРЕДНЕ-ТАТАРСКАЯ ФЕЛЬДШПАТОИДНАЯ ИНТРУЗИЯ, ЗААНГАРСКИЙ ЩЕЛОЧНОЙ МАССИВ, ПЕТРОГРАФИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, ПЕТРОХИМИЯ, АБСОЛЮТНЫЙ ВОЗРАСТ, ВТОРИЧНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОЛЯ.

Объект работ: Средне-Татарский массив

Цели работ: изучение геологического строения, петрографии и петрологии Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.

При выполнении работы был доизучен петрографический состав массива, рассмотрены его петрологические особенности.

В результате работы были сгруппированы и описаны породы интрузии и контактного ореола, было рассмотрено несколько точек зрения об абсолютном возрасте массива, проведен корреляционный анализ по рыхлым образованиям массива и вмещающих пород, построены карты геохимических аномалий редкометальных, редкоземельных и благороднометальных элементов.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный
университет»
Институт горного дела, геологии и геотехнологий
Горно-геологический факультет
Кафедра ГМиП
Раздел плана: тематические работы
Полезное ископаемое: золото
Наименование объекта: Средне-Татарская интрузия
Местонахождение объекта:
Красноярский край, Мотыгинский район

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ГМиП

_____ С. И. Леонтьев

" ____ " _____ 2019 г

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

На изучение геологии, петрографии и петрологии Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.

Основание выдачи геологического задания: задание на выполнение ВКР приказ № 7701/с от «30» мая 2019 г.

1. Целевое назначение работ: петрография пород; петрология пород Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии

2. Геологические задачи, последовательность и основные методы их решения.

2.1. Провести изучение геологического строения района и Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.

2.2. Охарактеризовать петрографию щелочных пород Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.

2.3. Выполнить петрологическое заключение о проявлении щелочного магматизма в районе.

2.4. Сделать заключение об абсолютном возрасте фаз щелочного магматизма.

2.5. Изучить вторичные геохимические ореолы в пределах интрузии. Сделать заключение о рудоносности интрузии.

3. Ожидаемые результаты и сроки выполнения работ

3.1. Геологическая характеристика Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.

3.2. Петрографическая аттестация щелочных пород.

3.3. Петрология Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.

3.4. Выводы об образовании, возрасте и рудоносности Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии

Срок выполнения работы: 23.01.19 – 9.07.19 гг.

Научный руководитель

_____ А. М. Сазонов

Содержание

Введение.....	9
1 Географо-экономическая характеристика района работ	11
2 Обзор ранее выполненных работ.....	12
2.1 Геологическая изученность района работ	13
2.2 Геохимическая изученность района работ	13
2.3 Геофизическая изученность района работ	14
3 Геологическая характеристика района работ.....	14
3.1 Стратиграфия.....	14
3.2 Интрузивный магматизм.....	17
3.2.1 Позднерифейские интрузивные образования	17
3.2.2 Венд-кембрийские интрузивные образования.....	17
3.3 Тектоника.....	18
3.4 Полезные ископаемые	21
3.4.1 Золото	21
3.4.2 Платина	21
3.4.3 Серебро	21
3.4.4 Алюминий.....	21
3.4.5 Вольфрам	22
3.4.6 Ниобий и редкие земли	22
3.4.7 Свинец и цинк	22
3.4.8 Марганец.....	23
3.4.9 Неметаллические полезные ископаемые.....	23
4 Геологическое строение Средне-Татарского массива	23
5 Петрология Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.....	27

5.1 Петрография	27
5.2 Петрохимия.....	52
5.2.1 Состав породообразующих минералов	52
5.2.2 Химическая характеристика пород.....	55
5.3 Абсолютный возраст интрузии	60
5.4 Петрологические выводы.....	63
6 Вторичные геохимические ореолы интрузии	64
Заключение	79
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А Геологическая карта Горевского горнорудного района.....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Литолого-петрографическая схема геологического строения Средне-Татарского массива	84
ПРИЛОЖЕНИЕ В Петрография Средне-Татарской интрузии	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Литолого-петрографическая схема геологического строения Средне-Татарского массива с диаграммами состава пород	88
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Карты геохимических аномалий.....	91

Введение

Актуальность работы. Средне-Татарский массив может рассматриваться не только как объект на нефелиновое сырье, но и как перспективный объект на редкоземельную, редкометальную и благороднометальную минерализацию. Изучение щелочных пород массива позволит расширить минерально-сырьевую базу Красноярского края.

Цели и задачи исследования. Целью работы является изучение геологического строения, петрографии и петрологии Средне-Татарской интрузии.

Задачами данной работы являются:

1. Изучение геологического строения района Средне-Татарской интрузии.
2. Изучение геологического строения Средне-Татарского массива.
3. Петрографическая характеристика щелочных пород массива.
4. Изучение петрохимии пород интрузии.
5. Определение абсолютного возраста фаз щелочного магматизма.
6. Изучение геохимического поля рыхлых образований интрузии.

Фактический материал, методы исследования и личный вклад. Дипломная работа выполнена на основе материалов, предоставленных кафедрой ГМиП ИГДГиГ СФУ. Для работы были предоставлены образцы пород, 51 шлиф, данные спектрального, рентгенофлюорисцентного, сцинтилляционного и спектрохимического анализов элементов, данные химических анализов по выборкам, геологическая карта Горевского горнорудного района по материалам М.М. Лапшина 1:50 000 и геологическая карта Средне-Татарского месторождения нефелиновых руд по материалам В.В. Терещенко 1:10 000.

В ходе работы было проведено петрографическое описание пород на поляризационном микроскопе Axioscop 40 Pol в проходящем свете, выделены группы пород, доработана карта Горевского горнорудного района 1:50 000, оцифрована геологическая карта Средне-Татарского месторождения нефелиновых сиенитов 1:10 000, проведена статистическая обработка по результатам опробования рыхлых образований Средне-Татарского массива, построены карты геохимических аномалий золота, серебра, платины, лантана, иттрия, ниобия, галлия, бериллия и циркония.

Научная новизна полученных результатов. Получены новые данные о петрографическом составе пород массива и его контактного ореола. Анализ абсолютного возраста пород массива рубидий-стронциевым методом позволил пересмотреть последовательность их формирования.

Практическая значимость. Изучение петрологических, петрографических и геохимических особенностей пород фельдшпатоидной интрузии позволяет подтвердить наличие редкоземельной, редкометальной и благороднометальной минерализации в породах Средне-Татарского массива.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, 6 глав, списка сокращений, заключения и списка использованных источников, который содержит 16 наименований. Общий объем 91 страница, 5 графических приложений.

В первой главе описывается общая географо-экономическая характеристика района работ.

Во второй главе описаны ранее проведенные работы, даны геологическая, геохимическая и геофизическая характеристики района работ.

В третьей главе рассматривается геологическая характеристика района работ, описана стратиграфия района, тектоническое положение, изложен интрузивный магматизм, дана краткая характеристика полезных ископаемых.

Четвертая глава содержит геологическую характеристику Средне-Татарского массива, описано несколько точек зрения на последовательность образования пород интрузии.

В пятой главе рассматривается петрология Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии, которая включает в себя петрографию пород массива и контактных ореолов, петрохимию пород, абсолютный возраст массива.

В шестой главе рассмотрены вторичные геохимические поля массива.

Благодарности. Автор выражает огромную благодарность научному руководителю А.М. Сазонову за помощь в нахождении необходимой литературы, формулировании задач исследования, ценные рекомендации при написании работы. Автор признателен С.И. Леонтьеву за консультации по вторичным ореолам рассеивания и абсолютному возрасту массива, О.Ю. Перфиловой за помощь в написании геологической части работы, Л.Н. Пузыревой за помощь в оформлении приложений.

1 Географо-экономическая характеристика района работ

Средне-Татарский массив располагается в среднем течении р. Татарка. По административному делению массив находится в пределах Мотыгинского района Красноярского края. Обзорная карта района работ изображена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Обзорная карта района работ

Климат района резко континентальный с коротким жарким летом и продолжительной холодной зимой, среднегодовая температура $2-3^{\circ}$ ниже нулевой отметки. Максимально высокая температура (до $+35^{\circ}$) приходится на

июль, а наиболее низкая (до -55°) на декабрь-январь месяцы. Глубина промерзания почвы колеблется от 0,5 до 2 м, снежный покров ложится в октябре, снеготаяние начинается в мае. Среднегодовое количество осадков 350 – 550 мм.

Растительный и животный мир типичен для таёжной зоны Средней Сибири. Район полностью залесен, большей частью темнохвойной (ель, пихта, кедр) труднопроходимой тайгой с многочисленными завалами и густым кустарниковым подлеском. Кроме темнохвойных пород и сосны в тайге встречаются лиственница, береза и осина. Подлесок представлен ольхой, ивой, можжевельником, шиповником.

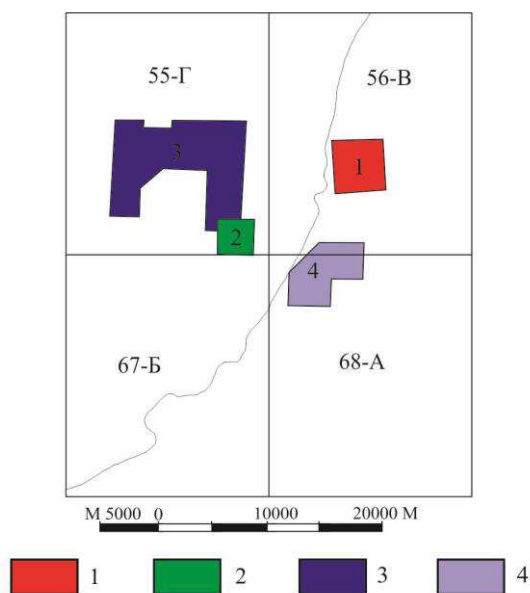
Животный мир обычен для таёжной зоны. Это лось, олень, медведь, соболь, белка, из птиц – рябчики, глухари, сойки.

В реках встречаются хариус, ленок, таймень, щука.

В районе отсутствуют асфальтированные дороги, перевозки осуществляются по грунтовым дорогам, железная дорога проходит в 30 км от г. Лесосибирска, возможно использование речного транспорта.

2 Обзор ранее выполненных работ

В данной главе излагается геологическая, геохимическая и геофизическая изученность района работ. Самостоятельных геохимических и геофизических работ в районе Средне-Татарской интрузии не проводилось, геохимическое опробование и геофизическая съемка проводились во время геологопоисковых работ различных масштабов. Схема изученности представлена на рисунке 2.



Разведочные работы на нефелиновые сyenиты:
 1 - Бучарская, 1957; Герещенко, 1962 (Средне-Татарский массив)
 Поисковые работы на полиметаллы:
 2 - Стеблева, 1968 (участок Верхне-Долгий)
 3 - Горбунов, 1973, 1976 (Рассохинский рудный узел)
 4 - Вяткин, 1990 (участок Боровой)

Рисунок 2 – Схема геологической, геохимической и геофизической изученности района работ

2.1 Геологическая изученность района работ

Впервые Средне-Татарский массив был изучен в 1910 г. А.К. Мейстером, были составлены первые геологические карты района, стратиграфические тектонические схемы [15].

В 1950-е годы под руководством Г.А. Георгиева было разведано месторождение нефелиновых сиенитов и обнаружена большая группа радиоактивных аномалий, расположенных в пределах массива и его экзоконтактов. Аномалии были оконтурены и заверены поверхностными горными работами. Помимо этого была дана краткая характеристика вещественного состава пород, слагающих массив [16].

В 1957 году Г.С. Бучарской были проведены поисковые работы, оконтурена площадь распространения массивов нефелиновых сиенитов, оценено качество основных их разновидностей как промышленного сырья. Выявлена редкометальная минерализация [16].

В 1962 году под руководством В.В. Терещенко при проведении разведочных работ на нефелиновые сиениты были проведены буровые работы, вследствие чего была выявлена группа рудопроявлений ниобия, циркония, тория, редких земель и лития [16].

В период с 1965 – 1972 г.г. Е.В. Свешниковой при изучении порообразующих минералов, содержащих алюминий, рубидий, натрий, лантан, церий, титан, цирконий, марганец, галлий, фтор, европий, был сделан вывод об однофазности интрузии [13].

В 1970-е годы Г.В. Козловым и Н.А. Лизалеком проводилось изучение гипергенного этапа формирования массива. В результате была охарактеризована кора выветривания латеритного типа с неполным профилем выветривания, развитая в пределах массива.

В 1983 – 1990 г.г. М.М. Лапшиным и Г.В. Козловым проводились разведочные работы для поиска свинцовых руд в районе Горевского месторождения. В ходе этих работ были обнаружены зернистые руды в коре выветривания массива, а также выделены и охарактеризованы аномальные участки перспективные на ниобий и редкие земли.

В 1990 – 1992 г.г. под руководством Б.А. Жураковского проводилась комплексная интерпретация геолого-геофизических материалов и было высказано предположение о том, что среднетатарский комплекс является единым крупным штокообразным телом апофизы которого выходят в эрозионный срез на дневную поверхность [16].

2.2 Геохимическая изученность района работ

При проведении литохимической съемки А.А. Ладыниным и др., в районе Средне-Татарского массива были выявлены потоки рассеяния золота, серебра, мышьяка, никеля, кобальта и других элементов, входящих в рудогенный комплекс месторождений золота Енисейского кряжа [14].

В 2006 г. А.В. Федоровой была проведена литохимическая съемка по сети 500 x 50 по вторичным ореолам рассеяния для оценки концентрации в делювии редкометалльно-редкоземельных и благородных элементов, а также их спутников [13]. По результатам этой работы ею была защищена кандидатская диссертация в 2011 году.

2.3 Геофизическая изученность района работ

В 1960 – 1962 г.г. под руководством В.А. Одегова и А.П. Четвергова на площади расположения массива проводилась гравиметрическая съемка масштаба 1:200 000. В ходе работ была составлена карта поля силы тяжести и изучены плотностные свойства сиенитов массива по образцам из скважин.

В 1964 г. завершились работы по аэрофизической съемке в центральной части Енисейского кряжа, проводимые Енисейской аэрофизической партией под руководством Г.П. Валенты. В результате этих работ были построены карты изолиний ΔT и гамма-поля. Все выделенные аномалии интерпретированы и разделены в зависимости от геологических факторов, вызывающих их образование. В пределах Средне-Татарского массива обнаружены лишь магнитные аномалии, связанные с измененными породами экзоконтакта интрузии [16].

3 Геологическая характеристика района работ

В данной главе рассматриваются стратиграфия, интрузивные образования, тектоника и полезные ископаемые района. Строение района описывается по геологической карте М.М. Лапшина (1990), масштаба 1:50 000 согласно приложению А.

3.1 Стратиграфия

В геологическом строении района принимают участие породы позднего протерозоя (средне- и позднерифейские). В районе Средне-Татарской интрузии среднерифейские отложения представлены погорюйской свитой, верхнерифейские отложения представлены киргитейской и широкинской сериями. Породы представлены метаморфизованными карбонатными и терригенными отложениями.

Среднерифейская эратема (RF₃)

Породы среднерифейской эратемы представлены отложениями погорюйской свиты метаморфизованными в условиях зеленосланцевой фации.

Погорюйская свита (RF_{2pg}) распространена в северо-восточной части территории. Подстилающие образования на данной территории неизвестны, с разрывом перекрывается отложениями степановской толщи киргитейской

серии. Отложения свиты представлены хлорит-серицитовыми сланцами (метапелитами), ритмично переслаиваемыми с метаалевролитами и метапесчаниками. Наблюдается некоторое изменение окраски пород от зеленовато-серой (оливковые тона) в западных разрезах до серых – темно-серых – в восточных. Кроме того, в западных разрезах породы массивные, толстоплитчатые, а в восточных больше тонкоплитчатых до листоватых. Также четко просматривается увеличение количества и мощности пластов желтых кварцитовидных песчаников вверх по разрезу, с востока на запад и с юга на север что указывает на регрессивную направленность осадкообразования. Мощность свиты 600 – 800 м. Среднерифейский возраст свиты определен радиологическим методом Г.А. Казаковым (1966) и составляет 1130 – 1140 млн. лет [15].

Верхнерифейская эратема (RF₃)

Породы верхнерифейской эратемы представлены киргитской и широкинской сериями.

Киргитская серия

В состав киргитской серии входят удоканская свита и степановская толща, но на изучаемой площади она представлена только степановской толщей.

Степановская толща (RF_{3st}) обнажается на севере и северо-востоке района и несогласно залегает на отложениях погоруйской свиты. Несогласно перекрывается горевской свитой широкинской серии.

Толща делится на две подтолщи, подразделяемые на пачки.

Нижняя подтолща (RF_{3st1}) подразделяется на три пачки близкого литологического состава, выделяемые по количественным соотношениям пород. Подтолща сложена песчанистыми доломитами, оползневыми брекчиями и глинистыми сланцами. Мощность нижней подтолщи 560 м.

Верхняя подтолща (RF_{3st2}) делится на две пачки, в составе которых в различных соотношениях присутствуют филлиты и известковистые, кварц-мусковит-биотитовые, алевритистые сланцы с линзами мраморизованных известняков. Внизу подтолщи залегает пачка сланцев темно-серых полевошпат-серицит-хлоритоидных. Завершается разрез подтолщи пачкой мраморизованных известняков. Мощность верхней подтолщи более 830 м.

Мощность степановской толщи более 1400 м. Возраст толщи принят как позднерифейский по положению в разрезе ниже горевской свиты, радиологический возраст которой составляет 850 млн. лет (Волобуев 1963, 1970) и выше джурской свиты Каменско-Чернореченской структурно-формационной зоны возраст которой 922-925 млн. лет. [15]

Широкинская серия

В состав широкинской серии входят горевская и сухохребтинская свиты.

Горевская свита (RF_3gv) обнажается в северо-западной, западной и юго-западной частях территории, где залегает с разрывом и угловым несогласием на отложениях степановской толщи. Свита по литологическому составу делится на три подсвиты: нижнюю углеродистую сланцево-карбонатную; среднюю флишево-флишевидную карбонатную и верхнюю – существенно доломитовую.

Нижняя подсвита (RF_3gv_1) представлена параллельно- и волнистослоистыми известняками, углеродистыми известняками и сланцами с колчеданно-полиметаллическим оруденением. Мощность подсвиты 600-750 м.

Средняя подсвита (RF_3gv_2) представлена широко- и неяснослоистыми углеродистыми известняками, карбонатно-слюдисто-углеродистыми сланцами и алевролитистыми известняками. Мощность подсвиты 370- 480 м.

Верхняя подсвита (RF_3gv_3) представлена известняками и доломитовыми косослоистыми известняками с прослоями туффитов и карбонатно-слюдистых сланцев. Мощность подсвиты 650-900 м.

Суммарная мощность свиты 1950-2410 м. Позднерифейский возраст свиты принят по положению в разрезе. Возраст пород датирован радиологическим возрастом свинцов и составляет 850 млн лет. [15]

Сухохребтинская свита (RF_3sh_1) ограниченно развита в центральной и юго-восточной частях изучаемой территории. Свита согласно с постепенным переходом залегает на горевской свите. В низах свиты, в переходной пачке появляются слабокарбонатные глинистые сланцы и алевролиты с прослоями известняков и туфогенных пород.

Нижняя подсвита (RF_3sh_1) выходит на дневную поверхность в центральной, восточной, юго-восточной и южной частях территории. Особенностью ее строения является фациальная изменчивость разреза, обусловленная неравномерным распределением вулканогенных пород. Отложения представлены филлитами и углеродистыми сланцами с прослоями алевролитов и вулканомиктовых образований. Мощность свиты 550-650 м. Позднерифейский возраст свиты принят в соответствии с серийной легендой Ангаро-Енисейской серии листов. Верхняя возрастная граница, установленная калий-аргоновым методом по мусковиту и биотиту составляет 0,6 млрд. лет. [15].

Кайнозойская эратема (KZ)

Четвертичная система (Q)

Четвертичные образования территории представлены террасовыми комплексами рек Ангары и Енисея. Отложения отнесены к неоплейстоцену и голоцену.

Неоплейстоценовые образования включают аллювий III (aQ_{III}) надпойменной террасы рек Ангары и Енисея. В составе террасы отмечаются мелкотонкозернистые пески с примесью глинистого вещества, железненные пески и галечники. Мощность отложений до 50 м.

Голоценовые аллювиальные отложения (aQ_H) высокой и низкой пойм русел рек Ангары, Енисея и их притоков. Образования представлены серыми и темно-серыми мелкозернистыми кварцевыми песками с примесью темноцветных минералов и прослоями супесей и суглинков. Мощность образований 10-15 м.

3.2 Интрузивный магматизм

Интрузивные образования на исследуемой территории имеют незначительное распространение и представлены двумя интрузивными комплексами: позднерифейским токминским микрогаббровым (βRF_3tk) и венд-кембрийским среднетатарским фойяит-пегматитовым ($V-Cst$).

3.2.1 Позднерифейские интрузивные образования

Токминский комплекс (βRF_3tk). В составе комплекса выделяется две фазы: микрогаббровая и метагаббровая. На изучаемой площади комплекс представлен дайками микрогаббро первой фазы. Дайки первой фазы комплекса (βRF_3tk_1) прорывают породы степановской толщи и горевской свиты. Они преимущественно имеют северо-западное простирание и падение под углом 65° на северо-восток. Их отличительной особенностью является брекчевидный облик слагающих пород, обусловленный тектоническими подвижками, происходившими после их образования. Возраст комплекса определен по монофракциям слюд из метаморфических пород калий-аргоновым методом и составляет 805 ± 14 млн. лет и $608-622 \pm 10$ млн. лет [15]. В связи с интрузиями комплекса месторождений и проявлений полезных ископаемых не выявлено.

3.2.2 Венд-кембрийские интрузивные образования

Среднетатарский комплекс ($V-Cst$). Породы комплекса обнажаются в верхнем течении р. Татарки и в центральной части изучаемого района. Интрузивные тела имеют штокообразную форму. Вмещающие породы представлены известняками горевской свиты и сланцами сухохребтинской свиты. Контактные изменения выражаются в ороговиковании, и альбитизации. В составе комплекса выделяются три фазы: ийолитов ($EuV-Cst_1$), фойяитов ($\phi \xi V-Cst_2$), фойяит-пегматитов ($\phi p V-Cst_3$). Наиболее крупным интрузивным телом данного комплекса является Средне-Татарский массив, площадь которого в современном эрозионном срезе составляет 12 км^2 . Форма массива в плане изометричная. Массив сложен ийолитами первой фазы, фойяитами второй фазы и фойяит-пегматитами третьей фазы. Большую часть площади

массива занимают фойяиты второй фазы. В подчиненном количестве присутствуют ийолиты первой фазы. Жилы фойяит-пегматитов прорывают фойяиты второй фазы. Радиоизотопный возраст массива определен свинец-свинцовым масс-спектрометрическим методом по зернам циркона. Возрастные рубежи составляют 1,3 млрд. лет – реликтовый возраст, унаследованный от более древних пород (сухопитская серия), где это основной возраст циркона; 750 млн. лет – рубеж, отражающий начало выплавления комплекса на орогенном этапе; 0,5-0,25 млрд. лет – омоложение, соответствующее двум последующим эпохам тектоно-магматической активизации – нижнепалеозойской и мезозойской [15]. С комплексом связано Среднетатарское месторождение нефелиновых сиенитов, редкометальное (ниобий) и редкоземельное (лантан, церий и др.) оруденение, вольфрамовая минерализация.

3.3 Тектоника

В тектоническом отношении район работ находится в южной части Большепитского синклинория (Пономарев 1988). Схема тектонического районирования Енисейского кряжа изображена на рисунке 3.

В структурном плане на исследуемой территории можно выделить один рифейский структурный этаж. В пределах этажа – три структурных яруса: среднерифейский погорюйский, а также позднерифейские степановский и горьевско-сухохребтинский. Все породы этажа сложнодислоцированы и осложнены серией параллельных юго-западных и субширотных разрывных нарушений.

В разрезе рифейских образований выделяются осадочно-метаморфические породы аспидной формации сухопитской серии и вулканогенно-терригенно-карбонатной формации широкинской серии.

Магматические образования представлены токминским комплексом базитов и среднетатарским комплексом нефелиновых сиенитов [15].

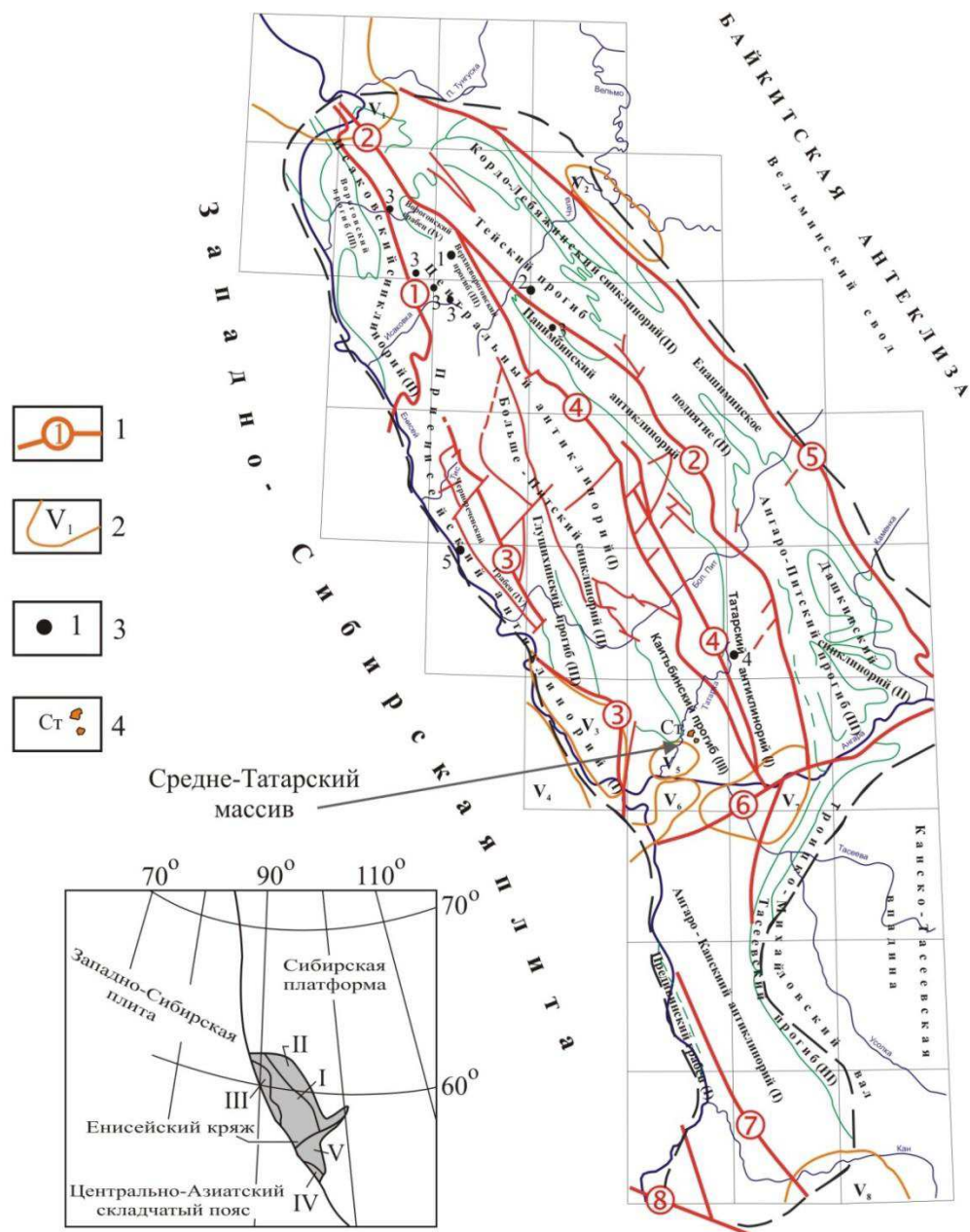
Отложения рифейского структурного этажа в связи с их свинцово-цинковой металлогенической специализацией являются главным объектом изучения. Они испытали деформационные процессы трех главных этапов, характеризующихся различными структурными парагенезисами.

Первым этапом проявлялись разрывные и складчатые нарушения северо-западного направления. Структурные элементы и их парагенезисы характеризуются высокой степенью дислоцированности, проявляются напряжения крутопадающей складчатости.

Второй этап характеризуется заложением структур северо-восточного простирания с пологими складками и менее интенсивно дислоцированными породами.

Третий этап относится к постскладчатому этапу геологической истории данного района. Блоковые движения возобновляются по тектоническим швам

более раннего заложения. Разрывные нарушения имеют субширотное простираение.



1 – главные зоны разломов (1 – Исаковская, 2 – Ишимбинская, 3 – Приенiseйская, 4 – Татарская, 5 – Ангаро-Бахтинская, 6 – Нижнеангарская, 7 – Ковдорская, 8 – Ийско-Канская); 2 – границы впадин и их номера (V_1 – Борская, V_2 – Вельминская, V_3 – Зырянская, V_4 – Кемская, V_5 – Погромнинская, V_6 – Кулаковско-Казачинская, V_7 – Нижнетасеевская, V_8 – Рыбинская); 3 – проявления щелочного магматизма (1 захребетнинский комплекс, 2 – чапинский комплекс, 3 – средневороговский комплекс, 4 – пенченгинский комплекс, 5 – кийский комплекс); 4 – среднетатарский комплекс. Структуры, сложенные образованиями: I – архейского и карельского времени, II – сухопитского, потоскуйского и шунтарского времени; III – прогибы, выполненные образованиями киргитейского и ослянского времени; IV – грабены, сложенные образованиями кембрийского, ордовикского и силурийского времени. На врезке приводится структурное районирование региона по V. A. Vernikovskiy et al., 2003: I–V террейны – Центрально-Ангарский (I), Восточно-Ангарский (II), Исаковский (III), Предивинский (IV), Ангаро-Канский (V).

Рисунок 3 – Схема тектонического районирования Енисейского кряжа, масштаб 1:2500000

Главной структурой на исследуемой территории является Широкинско-Сухохребтинская синклинали зона. В ее пределах преимущественным распространением пользуются наиболее молодые позднепериферийские отложения широкоинской и киргитской серий, которые образуют структуры преимущественно северо-западного простирания. С северо-запада зона ограничивается Каимбинским разломом, а с юго-востока Меркурихинским сдвигом, имеющим также северо-западное направление.

В центральной части Широкинско-Сухохребтинского блока выделяется серия Даугле-Петрищевской зоны шовной складчатости.

Главными структурными элементами зоны выделяемого блока являются Сухохребтинская, Широкинская и Погромнинская синклинали, Верхне-Морянихинская, Меркурихинская и Морянихинская антиклинали. На рассматриваемой площади выделяются Широкинская, Погромнинская синклинали, Меркурихинская и Морянихинская антиклинали.

Широкинская синклинали находится в центральной части района, ее ядерная часть сложена образованиями сухохребтинской свиты, а крылья карбонатными образованиями горевской свиты. Общее падение крыльев синклинали достаточно пологое ($20-40^\circ$), но так как они смяты в складки более высоких порядков, то общее падение пород в пределах структуры, колеблется в пределах $50-60^\circ$.

Меркурихинская антиклинали расположена в северной части изучаемой территории. Ядерная часть Меркурихинской антиклинали сложена алевроит-сланцевыми отложениями погорной свиты, а крылья отложениями степановской толщи. Шарнир складки имеет запад-северо-западное, близкое к субширотному простирание.

Морянихинская антиклинали характеризуется практически аналогичным строением, но замыкается в брахиформную структуру, северо-западное замыкание которой срезано Быстринским разломом северо-восточного простирания.

В пределах Морянихинской и Меркурихинской антиклиналей залегание пород характеризуется углами падения $50-60^\circ$, а общее падение крыльев углами $30-45^\circ$.

Ядерная часть Погромнинской синклинали сложена преимущественно известняками верхнегорьевской подсвиты. Лишь в центральной части структуры, в районе северо-восточного экзоконтакта Средне-Татарского массива нефелиновых сиенитов наблюдается незначительный по площади выход сланцев сухохребтинской свиты. Крылья структуры сложены образованиями средне- и нежнегорьевской подсвит. Основная масса мелких структур в пределах складки характеризуется относительно более пологими падениями $50-60^\circ$, иногда до 70° . Общее падение крыльев структуры $15-30^\circ$.

Главными разрывными нарушениями Широкинско-Сухохребтинской зоны являются Каимбинский и Морянихинский разломы, принадлежащие Даугле-Петрищевской зоне шовной складчатости.

Морянихинский и Каимбинский разломы имеют сбросо-сдвиговый характер и определяют интенсивность дислокаций в зоне шовной складчатости. Движениями их сместителей осложняются крылья складчатых структур. Амплитуда смещения оценивается в 200-500 м на различных участках их протяженности. Коренные обнажения встречаются редко, но в случаях когда они установлены их зоны представляют собой участки развития милонитов и тектонических брекчий, мощностью 20-40 м часто залеченных сериями кварцевых жил. Описанные разломы обладают системой оперяющих нарушений север-северо-западного простирания, характеризующихся смещением в десятки, реже в первые сотни метров [15].

3.4 Полезные ископаемые

Основным полезным ископаемым района является алюминий. Вольфрам, ниобий и редкие земли, марганец, свинец и цинк на данный момент не имеют промышленного значения.

3.4.1 Золото

На изучаемой территории месторождений и проявлений золота не выявлено. Но на сопредельных территориях в пределах Енисейского края хорошо известны многочисленные коренные и россыпные месторождения золота, в том числе, очень крупные. По результатам изучения геохимических проб, отобранных на изучаемой территории, обнаружено присутствие золота (содержание от 0,2 до 0,9 г/т).

3.4.2 Платина

Месторождений и проявлений платины в данном районе работ не отмечено. В отобранных на изучаемой площади геохимических пробах установлено содержание платины от 0,12 до 2,55 г/т.

3.4.3 Серебро

В геохимических пробах, отобранных на изучаемой территории, обнаружено содержание серебра от 0,047 до 0,086 г/т. Месторождений и проявлений серебра не выявлено.

3.4.4 Алюминий

Алюминиевым сырьем являются породы Средне-Татарского массива нефелиновых сиенитов. Средне-Татарское месторождение расположено в среднем течении р. Татарки, в 30 км от ее устья. На массиве большую площадь занимает кора выветривания гидрослюдисто-каолинового профиля. Зона

дезинтеграции мощностью до 15 м представлена рыхлыми нефелиновыми сиенитами, глинизирована. Гидрослюдистая зона мощностью до 22 м сложена глинами гидрослюдистого состава с каолинитом и монтмориллонитом. Зона каолиновых глин мощностью до 40 м представлена каолинитом, гауллазитом, гидроокислами железа [15].

3.4.5 Вольфрам

Основная масса пунктов минерализации вольфрама сосредоточена в пределах Средне-Татарского рудного поля и представлена шеелитовой минерализацией. Пункты минерализации расположены к юго-востоку от Средне-Татарского массива в бассейне р. Погрюмной – 2-й и ее правого притока руч. Шеелитового.

В контакте Средне-Татарского массива с известняками горевской свиты установлены контактово-метасоматические альбит-арфедсонит-флогопит-кальцитовые скарны.

Минеральный тип – шеелитовый. Шеелит образует устойчивые ореолы рассеяния в рыхлых склоновых образованиях восточного экзоконтакта массива.

Наиболее перспективными объектами для обнаружения вольфрамовых руд являются надкупольные слабо эродированные площади, а также зона межмассивного пространства, как наиболее подвергнутые гидротермально-метасоматическим изменениям [15].

3.4.6 Ниобий и редкие земли

Рудопроявления ниобия и редких земель сосредоточены в Средне-Татарском рудном поле. Оно расположено в среднем течении р. Татарки на водоразделе рек Татарки и Погромной, включает Средне-Татарский массив нефелиновых сиенитов и массив нефелиновых сиенитов, расположенный к югу от него. Северный массив располагается в поле известняков горевской свиты, вблизи северо-восточного контакта массива – филлитовидные, хлоритоидные сланцы сухохребтинской свиты.

Природа минерализации представлена цирконом, монацитом, бастнезитом, ферриторитом, пирохлором, торитом, монацитом, апатитом, эвдиалитом, катаплеитом [15].

3.4.7 Свинец и цинк

В пределах изученной площади выделяется Морянихинский рудный узел, который расположен в пределах серии антиклинальных структур в полосе влияния Даугле-Петрищевской зоны шовной складчатости. Протягивается в северо-западном направлении от верховьев р. Погромной до ручья Хламового. Ограничивается выходами нижнеморянихинской и нижнегоревской подсвет, являющимися рудовмещающими формациями, в крыльях антиклинальных

структур. Площадь рудного узла 250 км². Главные минералы рудного узла – сфалерит и цинк. [15].

3.4.8 Марганец

Немногочисленные проявления и пункты минерализации в большинстве случаев связаны с корами выветривания развивающимися по карбонатным породам горевской и морянихинской свиты. В результате выветривания карбонатных пород с повышенной марганцевитостью, образуются мелкие тела оксидо-марганцевых руд. Главным рудным минералом является пиролюзит. Проявления и пункты минерализации не имеют практического значения [15].

3.4.9 Неметаллические полезные ископаемые

На площади известны месторождения и проявления строительных материалов и горно-химического сырья (карбонатные породы), но в настоящее время они не эксплуатируются. Некоторые проявления используются для нужд местного населения.

4 Геологическое строение Средне-Татарского массива

Средне-Татарский массив расположен в среднем течении р. Татарка, где залегает среди карбонатных и сланцевых толщ позднего докембрия, тяготея к участку пересечения серии разломов северо-западного направления с крупной тектонической зоной северо-восточного простирания, образовавшейся в позднем рифее и обновлявшейся в среднем палеозое, когда окончательно оформился Ангарский широтный сброс [8].

Массив имеет штокообразную форму с извилистым контуром, вытянутую в широтном направлении, с общим северо-восточным падением. По данным бурения падение боковых контактов в западной части Средне-Татарского массива 70-80°, а в восточной 40-50°. Поверхность боковых контактов осложнена многочисленными апофизами мощностью от 2 до 50 м и развитием маломощных инъекционных зон.

Помимо основного интрузивного тела нефелиновых сиенитов в северо-восточной части наблюдается небольшой обособленный выход розовых мусковитовых сиенитов. Становление мусковитовых сиенитов происходило по ранее образованным жильным пегматитам, которые отмечались в единичных выработках в теле мусковитовых сиенитов [15].

М.М Лапшин выделяет три фазы: первую – ийолитовую (EuV-Єst₁), вторую – представленную среднезернистыми и крупнозернистыми фойяитами и мусковитовыми сиенитами (фξV-Єst₂) и третью – фойяит-пегматитовую и сиенит-пегматитовую (φρV-Єst₃). Лейкократовые среднезернистые фойяиты однородного состава, изменяющиеся под воздействием постмагматических процессов, слагают основную часть интрузии. Вмещающие известняки,

которые образуют ксенолиты в северо-западной части массива, подвергаются скарнированию, образуются диопсид-доломитовые скарны массивной текстуры, мелкозернистой структуры. Вдоль узкой экзоконтактовой зоны наблюдается ороговикование сланцев. На границе с мусковитовыми сиенитами отмечаются турмалинсодержащие биотитовые роговики массивной текстуры с тонкозернистой и мелкозернистой структурами.

Е.В. Свешниковой для Средне-Татарского щелочного массива установлена следующая последовательность образования пород: 1) ийолиты, обособленные в прикровельной части массива в форме субгоризонтального магматического тела; 2) эгириновые фойяиты, слагающие почти весь интрузивный шток; 3) фойяит-пегматиты жильные тела которых сосредоточены в контурах щелочного массива, и сиенит-пегматиты, распространенные более широко во вмещающих толщах; 4) микроклиниты, возникшие в периферической части фойяитовой интрузии и в зоне ее контакта с ийолитами; 5) альбиты, образовавшиеся в зонах постинтрузивных тектонических нарушений; 6) кальцит-канкринитовые гидротермалиты, пространственно сопряженные с линейными зонами альбитизации. Растворы распространялись в разных местах вдоль тектонически ослабленных зон и оперяющих трещин [8].

Автор придерживается точки зрения М.М. Лапшина.

В массиве развиты две главные разновидности магматических пород – лейкократовые эгириновые фойяиты второй фазы, слагающие почти весь интрузивный шток, вытянутые в северо-западном направлении, и полевошпатовые ийолиты первой фазы, распространенные только в его прикровельной части, где они образуют субгоризонтальное тело мощностью до 300 м, залегающее на фойяитах. Среди фойяитов в юго-западной и северной частях интрузии локально развиты ювиты и мариуполиты, которые макроскопически схожи с фойяитами. Ювит отличается от фойяита наличием микроклин-пертита, а мариуполит отличается большим содержанием альбита. Поля развития этих пород не отображаются в масштабе карты.

В ийолитах, подсеченных скважинами на глубине от 50 до 300 м, обнаружены многочисленные ксенолиты известняков и сланцев размерами до сотен метров, подвергшихся интенсивной фенитизации. Ийолиты в приконтактовой зоне с известняками образуют мелкие апофизы и выступают как самостоятельные магматические образования. Контакты фойяитов с ийолитами резкие, особенно в подошве субгоризонтального тела последних, где широко развиты секущие прожилки и апофизы фойяитов. Вблизи контактов они насыщены многочисленными ксенолитами интенсивно микроклинизированных ийолитов, нередко почти нацело резорбированными и сохранившимися в виде теневых структур [8].

С интрузивными эгириновыми фойяитами тесно связаны щелочные пегматиты третьей фазы, распространенные как на площади массива, так и за его пределами, во вмещающих известняках. Форма пегматитовых тел чаще всего жильная, мощность от 0,1 до 2-3, реже до 10 м, но встречается также шпиро-, гнездо- и линзовидные тела, серии мелких инъекций, приуроченные к

зонам повышенной трещиноватости вмещающих пород. Среди жильных пегматитов выделяют фойяит- и сиенит-пегматиты. Первые сосредоточены в пределах контура щелочной интрузии и близки к ней по минеральному составу, вторые – в массиве встречаются редко, но зато широко развиты во вмещающих карбонатно-сланцевых толщах. В сиенит-пегматитах отсутствует нефелин, и они имеют существенно микроклиновый или микроклин-альбитовый состав с варьирующим количеством эгирина и обязательным присутствием лепидомелана. С каждым из выделенных типов пегматитовых жил связана своя редкометальная минерализация [15].

В Средне-Татарском фойяитовом массиве широко развиты постмагматические процессы, наложившиеся как на первичные интрузивные породы, так и на вмещающие карбонатно-сланцевые толщи. Эти процессы проявились в три последовательные стадии: I – микроклинизации, проявившейся в периферической части массива и в зоне контакта ийолитов с фойяитами с образованием микроклинитов мощностью 10-30 и протяженностью до 100 м; II – альбитизации, связанной с тектоническими разломами, пересекающими щелочной массив и вмещающие его карбонатно-сланцевые толщи, где возникли линейные тела альбитов мощностью до 20-50 м и длиной в сотни метров; III – синклинально-карбонатного метасоматоза, в результате которого возникли кальцит-канкринитовые гидротермалиты, развивавшиеся по альбитам в виде гнезд (до 20 см) и сетевидных прожилков (1-2 см), содержащих хлорит, флюорит и сульфиды. Эти гидротермалиты широко представлены у восточного контакта массива близ крупного меридионального нарушения [8].

Среди магматических пород господствующее значение имеют лейкократовые фойяиты и фойяит-пегматиты при явно подчиненной роли приконтактных ийолитов. Всем породам свойственен простой минеральный состав, для которого характерен парагенезис трех щелочных пороодообразующих минералов – эгирина, нефелина и калий-натрового полевого шпата (микропертита). Последний преобладает в интрузивных фойяитах и фойяит-пегматитах, составляя вместе с нефелином 80-85% объема данных пород. При этом количество эгирина колеблется от 2 до 15%. В ассоциации с ним присутствует лепидомелан (до 2%), а в парагенезисе с микропертитом – альбит, образующий в фойяит пегматитах не только грубопятнистые вроски в калиевом полевоом шпате, но и самостоятельные призматические кристаллы. Фойяиты весьма бедны аксессуарными минералами, к числу которых относятся титанит, ловенит, апатит и флюорит. В фойяит-пегматитах помимо этого присутствуют астрофиллит, эвдиалит, катаплеит, циркон и меланоцерит.

Тройной парагенезис щелочных минералов характерен также для ийолитов, но в них ведущее значение имеют нефелин (60-85%) и эгирин (13-22%), а полевоый шпат появляется вблизи контакта с фойяитами и фойяит-пегматитами или при наложении на них постмагматического процесса микроклинизации. Вследствии этого ийолиты становятся неоднородными,

приобретают пятнистую или такситовую текстуру, отдельные участки которой имеют состав ийолит-уртитов, уртитов, меланократовых ювитов, содержащих до 25% полевого шпата. Акцессорные минералы представлены титанитом, магнетитом, апатитом, флюоритом и титан-гиортдалитом. Все минералы соразмерны и почти не содержат вростков друг в друге.

Минеральный состав магматических пород, особенно фойяитов, заметно изменяется в результате их метасоматического преобразования. Так, при микроклинизации происходит замещение микроклином не только нефелина и микропертита, но отчасти эгирина и даже титанита. По эгирину одновременно с этим развивается лепидомелан и арфведсонит. Микроклинизация проявляется вдоль контактов фойяитов и ийолитов, в эндоконтактной зоне фойяитов с частичным проникновением в экзоконтактную и вдоль разломов в северной и восточной частях массива. Среди акцессорных минералов при микроклинизации появляются фторapatит, валерит и титан-гиортдалит. В местах интенсивного преобразования фойяитов возникают анхимономинеральные метасоматические образования – микроклиниты. С альбитизацией фойяитов связано образование другого постмагматического парагенезиса минералов – альбита, развивавшегося по нефелину и микропертиту, новой генерации эгирина, астрофиллита, эвдиалита, а иногда арфведсонита и лепидомелана. Процессы альбитизации активно действовали вдоль тектонически ослабленных зон субширотного и северо-западного простирания. Наиболее интенсивно и широко альбитизация проявилась в северном и северо-восточном частях массива. Фойяиты становятся неоднородными от мелко-среднезернистых до пегматоидных, местами пятнистых и линзовидно-полосчатых. При этом содержание альбита изменяется от 10 до 80% вплоть до создания анхимономинеральных метасоматитов – альбититов. Помимо микроклинизации и альбитизации отмечается пертитизация полевого шпата, частичная цеолитизация и канкренизация нефелина.

Магматическая серия фойяитов с ийолитами характеризуется в целом лейкократовым обликом и явным преобладанием в составе пород щелочных алюмосиликатных минералов: нефелина, микропертита, микроклина, альбита. Этим определяется ее важнейшие петрохимические черты: 1) обогащенность глиноземом и дефицит кремнекислоты; 2) насыщенность щелочами и преобладание натрия над калием во всех породах, исключая микроклиниты; 3) обедненность кальцием и магнием при ведущей роли окисного железа в составе темноцветных минералов. Также устанавливается геохимическая специфика пород данной серии, которая проявляется, во-первых в пересыщенности пород фтором, образующим избыточную минеральную фазу – флюорит, а во-вторых в повышенном содержании целого ряда рудных элементов – циркония, ниобия, церия, рубидия, цезия, лития, бериллия, олова, тория. В них широко представлены натриевые титан-циркониевые силикаты, известны ниобийсодержащие, церийсодержащие, литийсодержащие, бериллийсодержащие, торийсодержащие и другие редкометалльные минералы.

Повышенные концентрации рубидия и цезия установлены в нефелине, микропертите, эгирине, арфведсоните, лепидомелане, астрофиллите, эвдиалите и полилитионите.

Металлогения эгириновых фойяитов, ийолитов и метасоматитов различна. Интрузивные лейкократовые фойяиты бедны редкими элементами, и их металлогенические особенности определяются главными петрогенными компонентами – алюминием и щелочами, содержание которых соответствует уровню нефелин-полевошпатовых руд, используемых для производства алюминия, а также стекольной, керамической и химической промышленности. Альбитизированные фойяиты, метасоматические альбититы и гидротермалиты обеднены перечисленными выше петрогенными компонентами вследствие уменьшения в них содержания нефелина или его полного исчезновения. Зато им свойственна повышенная концентрация циркония, ниобия, тантала, рубидия, цезия, бериллия, церия. Этим обусловлен редко-металльный металлогенический профиль щелочных метасоматитов. Помимо этого ниобий-редкометалльная специализация наблюдается в пироклорсодержащих корах выветривания северо-западной части массива. В восточной части массива отмечается шеелитовая, а так же ксенотим-касситеритовая минерализация [8].

5 Петрология Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии

В данной главе рассматривается петрография и петрохимия пород массива, а также его абсолютный возраст и вторичные ореолы рассеивания.

5.1 Петрография

Среди интрузивных пород широко распространены фойяиты (38 шлифов), ийолиты (4 шлифа), эпизодически отмечаются ювиты (3 шлифа) и мариуполиты (2 шлифа). Жильные породы представлены сиенит-пегматитами (2 шлифа). Породы контактового ореола сложены диопсид-доломитовыми скарнами (2 шлифа) и турмалинсодержащими биотитовыми роговиками (1 шлиф). Породы интрузии неравномерно представлены шлифами. Большая часть коллекции характеризует фойяиты, остальные породы представлены единичными шлифами.

Интрузивные породы

Интрузивные породы представлены нефелиновыми сиенитами (фойяитами, мариуполитами и ювитами) светло-серого цвета и ийолитами, которые имеют темно-серую окраску, так как в них содержится больше

темноцветов. На рисунке 5.1.1 изображена классификация щелочных пород по Н.А. Елисееву.



Рисунок 5.1.1 - Классификация щелочных пород по Н. А. Елисееву; М - мафические минералы, А - щелочные полевые шпаты, Ne – нефелин

Фойяит

Породы, представленные фойяитом, светло-серого цвета с массивной, трахитоидной текстурой и средне-, крупнозернистой структурой (1-6 мм). Фойяит изображен на рисунке 5.1.2.



Рисунок 5.1.2 – Образец 6-10. Фойяит

Породы сложены нефелином (35-40%), альбитом (25-35%), микроклином (5-15%), эгирином (1-15%), эгирин-авгитом (5-15%), канкринитом (0-15%), содалитом (5-10%), биотитом (0-5%), редко присутствует меланит (до 15%), рихтерит (до 5%), эвдиалит (менее 1%), титан-авгит (менее 1%). Акцессорные минералы представлены титанитом (1-5%), флюоритом (до 5%), цоизитом (до 5%), вёлеритом (менее 1%), рудными минералами (менее 1%), гематитом и гидроокислами железа (менее 1%).

Лейкократовые породы крупнее темноцветных почти в 3 раза. Все породы имеют гипидиоморфозернистую, агпаитовую микроструктуру, которая характеризуется идиоморфизмом бесцветных минералов и резко ксеноморфным развитием темноцветов. Часто наблюдается пойкилитовая структура, обусловленная включениями микроклина в зернах нефелина, представленными на рисунке 5.1.3, включениями биотита и флюорита в зернах эгирина. Помимо этого наблюдается дактилоскопическая структура, которая изображена на рисунке 5.1.4.

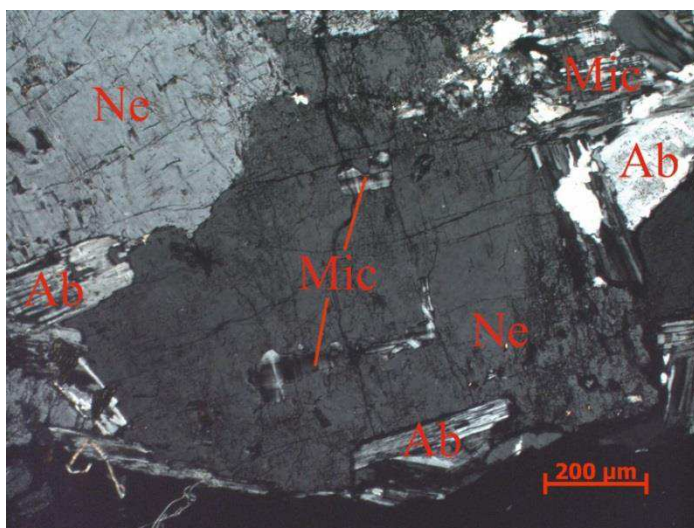


Рисунок 5.1.3 – Фойяит (шлиф 6-8). Включения микроклина (Mic) в зернах нефелина (Ne), характеризующие пойкилитовую микроструктуру; николи скрещены

Химический анализ фойяитов в массовых процентах: SiO_2 54,9–57,2%, Al_2O_3 21–22%, Fe_2O_3 1,6–2,2%, MgO 0,4–0,5%, CaO 1,7–1,9%, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 13$ –14,8%, отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 2,1$ [13].

Нефелин имеет две генерации. *Нефелин I генерации* неправильной формы редок, отмечается в таблитчатых зернах нефелина II генерации, которая составляет основную часть интрузии. Размеры нефелина I генерации 0,02–0,5 мм.

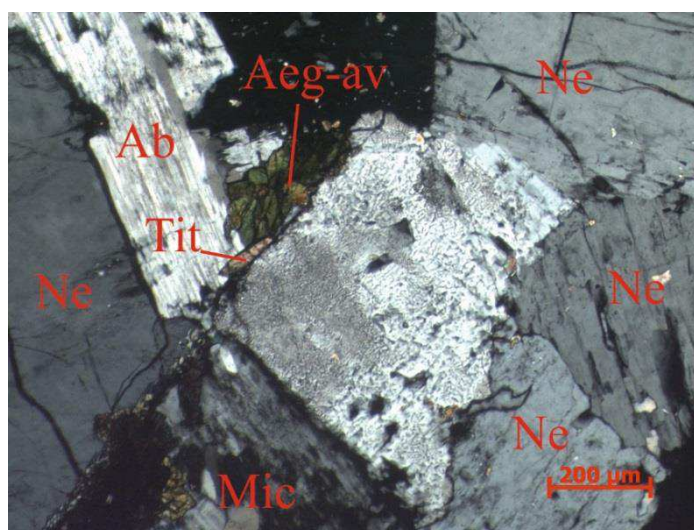


Рисунок 5.1.4 – Фойяит (шлиф 6-14). Дактилоскопическая структура, характеризующаяся срастанием нефелина (Ne) с микроклином (Mic); николи скрещены

Нефелин II генерации, изображенный на рисунке 5.1.5, имеет неправильную и таблитчатую формы. Размер зерен от 2 до 7 мм. Некоторые зерна нефелина пелитизированы, также отмечаются полностью шпрештейнизированные зерна, изображенные на рисунке 5.1.6. В нефелине часто наблюдаются включения эгирина, апатита, сфена, микроклина.

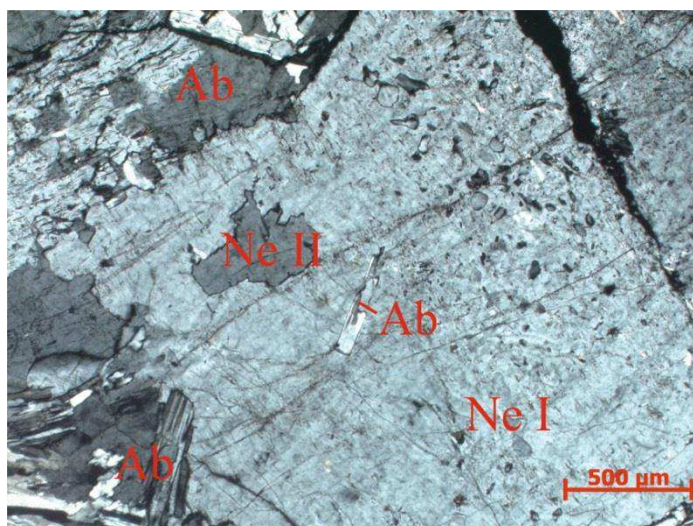


Рисунок 5.1.5 – Фойяит (шлиф 6-4). Зерно нефелина II генерации (Ne II) в зерне нефелина I генерации (Ne I); николи скрещены

Альбит замещается пелитовым веществом и отмечается не только как первично-магматический, но и как постмагматический. Первично-магматический имеет призматическую и лейстовидную форму, полисинтетические двойники, размер зерен от 0,5 мм в длину, 0,1 мм в ширину до 1 мм в длину. Постмагматический наблюдается между нефелином и микроклином, а также скоплениями по краям зерен микроклина размером 0,05-2 мм, иногда встречаются полисинтетические двойники. Кроме того наблюдаются пелитизированные веерообразные агрегаты альбита с гидроокислами железа.

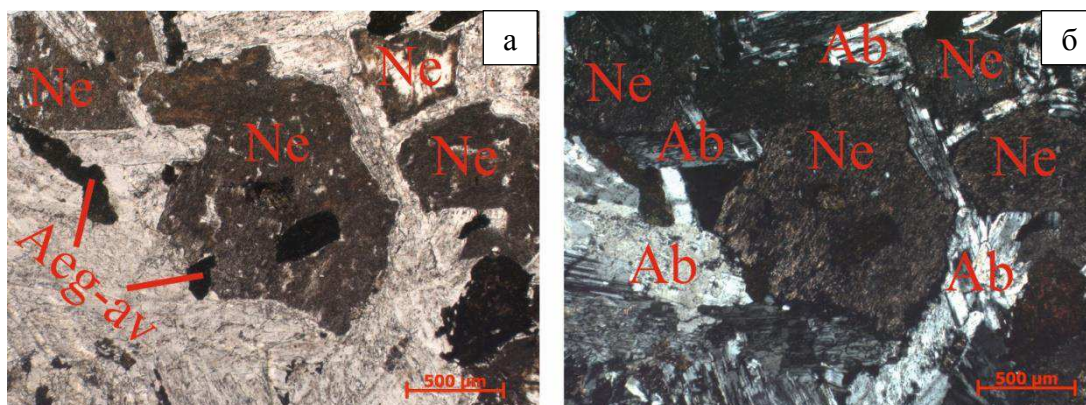


Рисунок 5.1.6 – Фойяит (шлиф 4-0/2). Шпреуштейнизированный нефелин (Ne); а – николи параллельны, б – николи скрещены

Микроклин имеет две генерации. Ранее образованные зерна *микроклина I генерации* подвергнуты пелитизации и альбитизации, содержат пертиты, а также включения эгирина, биотита и аксессуарных минералов, имеют неправильную форму с размерами 1,7-4 мм. Наблюдаются срastания микроклина с нефелином, образующие дактилоскопическую структуру. Эти срastания свидетельствуют об одновременном образовании нефелина и микроклина.

Микроклин II генерации также замещается альбитом и пелитовым веществом, имеет таблитчатую удлиненную форму, решетчатое двойникование. Также наблюдаются зерна неправильной формы. Таблитчатые зерна 0,6-0,8 мм в ширину и 1-3 мм в длину. Редко встречаются зерна до 8 мм в длину.

Канкринит имеет неправильную форму и размер от 0,01 до 0,8 мм. Зерна канкринита окружают зерна нефелина, что отображено на рисунке 5.1.7. Помимо этого в канкрините отмечаются зерна флюорита.

Содалит имеет изометричную форму размером 0,5-1 мм замещается цеолитами, наблюдаются включения альбита и биотита.

Из темноцветов наиболее распространены эгирин, эгирин-авгит и биотит. Темноцветные минералы образовались позже лейкократовых, так как они включены во все лейкократовые минералы.

Эгирин темно-зеленого цвета имеет удлиненно-призматическую и неправильную формы. Размер зерен эгирина от 0,05 до 2,4 мм. Зерна плеохроируют от коричневато-зеленых тонов до коричневого цвета.

Эгирин-авгит отличается от эгирина большим углом погасания и плеохроизмом в желто-зеленых тонах. Размер зерен 0,3-1,6 мм.

Эгирин и эгирин-авгит содержат включения биотита, сфена, флюорита, рудных минералов, срastaются с биотитом.

Титан-авгит имеет неправильную форму и размер зерен 0,8-2,6 мм, наблюдается между зернами нефелина и альбита. В зерне размером 2,6 мм отмечаются зерна альбита.

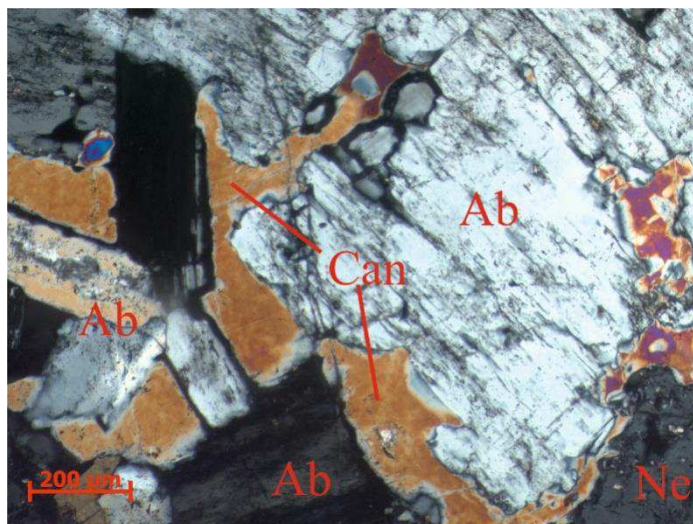


Рисунок 5.1.7 – Фойяит (шлиф 4-0/3). Зерна канкринита (Can) окружают зерна нефелина (Ne); николи скрещены

Биотит представлен чешуйками размером от 0,1 до 0,4 мм, плеохроирующих от светло-коричневого до темно-коричневого цвета. Наблюдается преимущественно в срastании с зернами эгирина и эгирин-авгита и в качестве включений в этих зернах.

Меланит коричневого цвета, шестиугольной формы в породе редок. Размер зерен 0,4-2,2 мм. В зернах наблюдаются включения эгирина, нефелина,

флюорита, титанита. Меланит с включениями зерен нефелина и альбита изображен на рисунке 5.1.8.

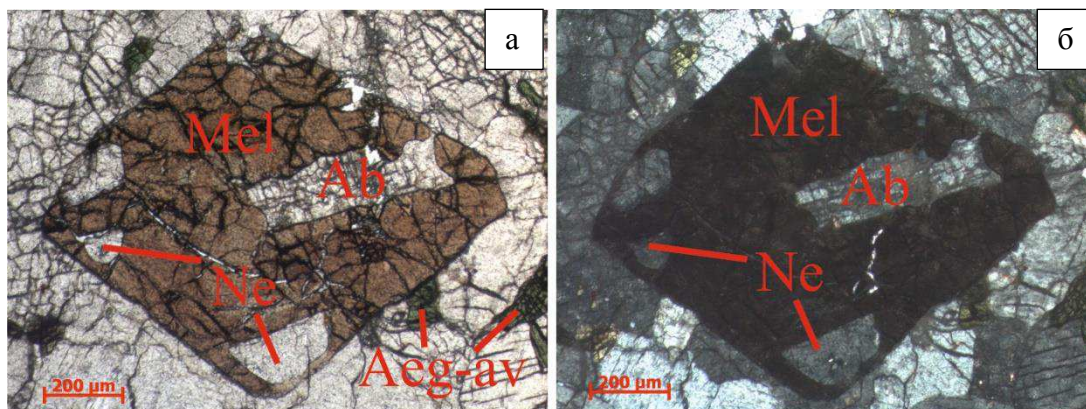


Рисунок 5.1.8 – Фойяит (шлиф ПР 3/2-2). Зерна меланита (Mel) с включениями зерен альбита (Ab) и нефелина (Ne); а – николи параллельны, б – николи скрещены

Эвдиалит бледно-желтого цвета неправильной формы размером от 0,03 до 0,7 мм отмечается между зернами альбита, некоторые зерна срastaются с зернами эгирин-авгита.

Рихтерит розовато-желтого цвета часто встречается в шлифах, имеет короткопризматическую и волосовидную формы, наблюдается в виде спутанно-волоконистых масс размером 0,3-0,7 мм. Размер зерен от 0,02 до 0,3 мм. Рихтерит срastaется с зернами эгирина, в спутанно-волоконистых массах отмечаются примазки гидроокислов железа. Зерна рихтерита с занозистыми границами и гидроокислами железа изображены на рисунке 5.1.9.

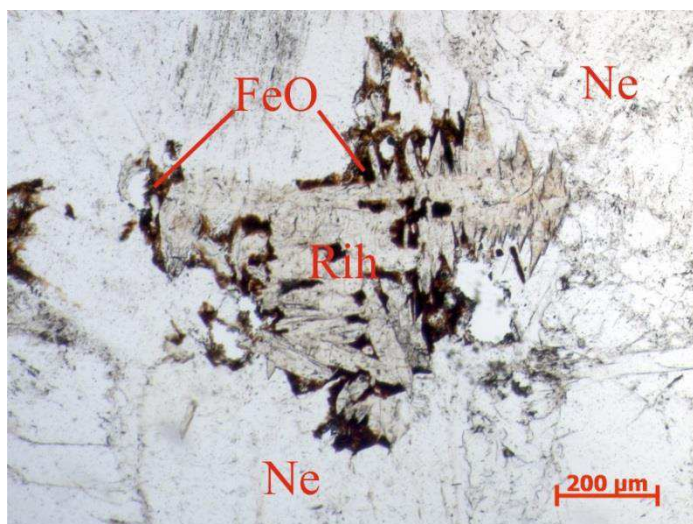


Рисунок 5.1.9 – Фойяит (шлиф 6-7). Зерна рихтерита (Rih) с гидроокислами железа (FeO); николи параллельны

Из аксессуарных минералов наибольшее распространение имеют титанит и апатит.

Титанит рассеян неравномерно, часты клиновидные и скошено-призматические кристаллы размером 0,01-0,35 мм.

Апатит игольчатой формы имеет размер от 0,01 до 0,55 мм, чаще всего отмечается в зернах нефелина.

Флюорит светло-желтого, фиолетового, малинового цвета имеет изометричную форму, размер зерен 0,03-0,3 мм. В шлифах отмечается в виде включений в меланите, эгирине.

Цоизит редко встречается в породе, имеет удлиненно-неправильную форму, высокий рельеф и аномальные серо-синие цвета интерференции. Размер зерен 0,05-0,7 мм.

Вёлерит бледно-желтого цвета редок в шлифах, образует мелкие сноповидные или спутанно-волокнистые сростки. Зерна вёлерита отрицательные, имеют косое погасание, высокий рельеф, низкое двупреломление $\Delta=0,013$, отрицательное удлинение. Размер зерен 0,1-2 мм. Вёлерит изображен на рисунке 5.1.10.

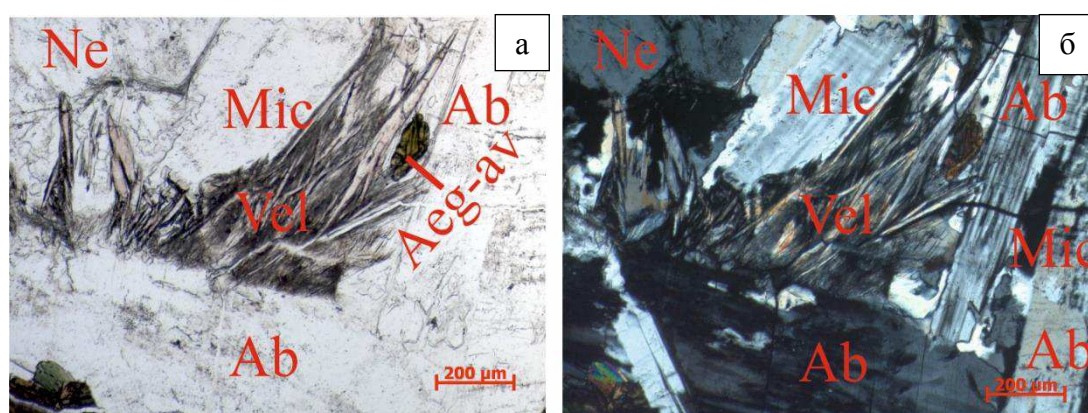


Рисунок 5.1.10 – Фойяит (шлиф 8-19). Зерна вёлерита (Vel) между зернами нефелина (Ne), альбита (Ab) и микроклина (Mic); а – николи параллельны, б – николи скрещены

Рудные минералы в шлифах редки, имеют неправильную или изометричную формы и размер 0,01-0,05 мм. Чаще всего наблюдаются в качестве включений в темноцветах.

Гематит и *гидроокислы* железа наблюдаются в зернах рихтерита и по трещинам в эгирине.

Мариуполит

Мариуполит, изображенный на рисунке 5.1.11, представлен породами светло-серого цвета с массивной текстурой и среднезернистой структурой (1-5 мм).

Породы сложены альбитом (50-55%), нефелином (20-25%), эгирином (1-15%), микроклином (5-10%), содалитом (менее 1%), биотитом (менее 1%), рихтеритом (менее 1%). Акцессорные минералы представлены флюоритом (менее 1%), апатитом (1-2%), эпидотом (менее 1%) и гидроокислами железа (менее 1%).



Рисунок 5.1.11 – Образец 6-41. Мариуполит

Микроструктура гипидиоморфозернистая, агпайтовая, порфировидная, выраженная порфировыми выделениями нефелина размером 0,6-2,1мм, среди среднезернистой основной массы с размером зерен 0,14-1,8 мм, что отображено на рисунке 5.1.12.

Химический анализ мариуполитов по материалам В.В. Терещенко 1961 года в массовых процентах: SiO_2 – 55-59,16%, TiO_2 – 0,1-0,43%, Al_2O_3 – 16-24,76%, Fe_2O_3 – 2-5,18, FeO – 0,5-3,18%, MgO – 0,1-1,2%, CaO – 0,5-4,2%, Na_2O – 9-11,8%, K_2O 3-6,89%.

Альбит имеет размер 0,1-1,8 мм. Большая часть лейстов *альбита* полисинтетически сдвойникована. Лейсты не только окружают зерна нефелина и эгирина, но и наблюдаются в них в качестве включений. Включения альбита в эгирине изображены на рисунке 5.1.13.

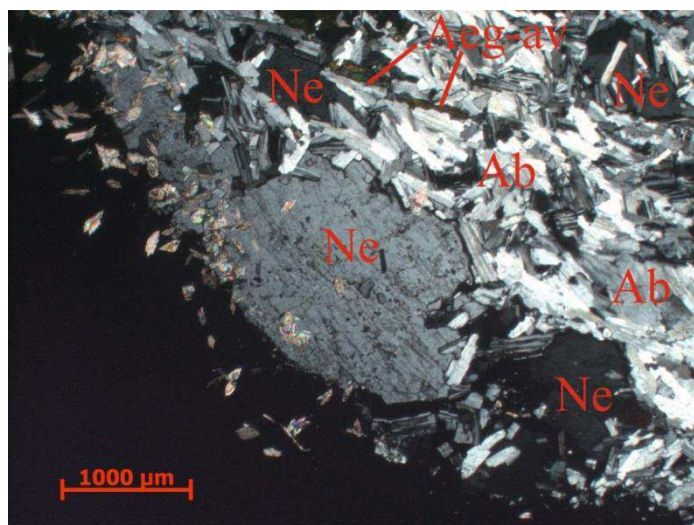


Рисунок 5.1.12 – Мариуполит (шлиф 2-4). Порфировидная структура, обусловленная порфировыми выделениями нефелина (Ne), окруженными альбитом (Ab); николи скрещены

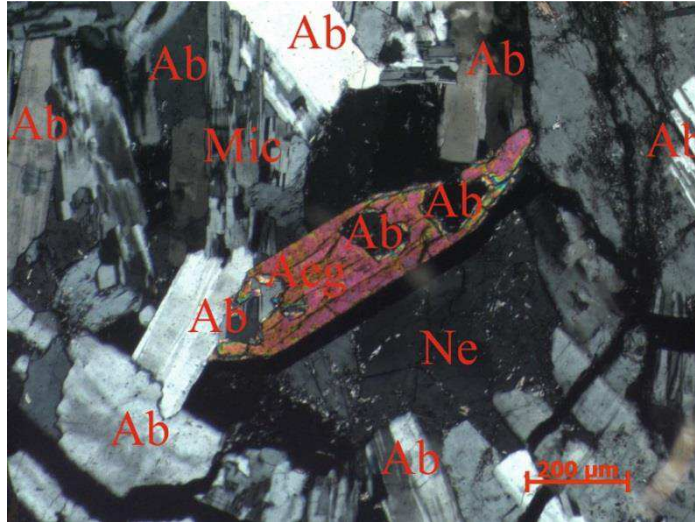


Рисунок 5.1.13 – Мариуполит (шлиф 6-41). Включения альбита (Ab) в эгиристине (Aeg); николи скрещены

Нефелин размером 0,1-1 мм имеет неправильную форму, отмечается между порфиризовидными зернами нефелина таблитчатой и неправильной формы. В порфиризовидных включениях встречаются зерна альбита размером 0,01-0,2 мм. Включения альбита в нефелине изображены на рисунке 5.1.14.

Микроклин размером 0,1-1,6 мм таблитчатой формы наблюдается между зернами нефелина, некоторые зерна частично альбитизированы.

Содалит имеет изометричную форму. Зерна содалита, находящиеся между зернами нефелина, альбита и микроклина, частично замещены цеолитом. Размер зерен от 0,5 до 0,8 мм.

Эгиристин размером 0,01-1,4 мм плеохроитует от зеленого до зеленовато-коричневого и имеет удлиненно-призматическую и неправильную формы. Отмечается между зернами нефелина и альбита, также содержит включения последнего.

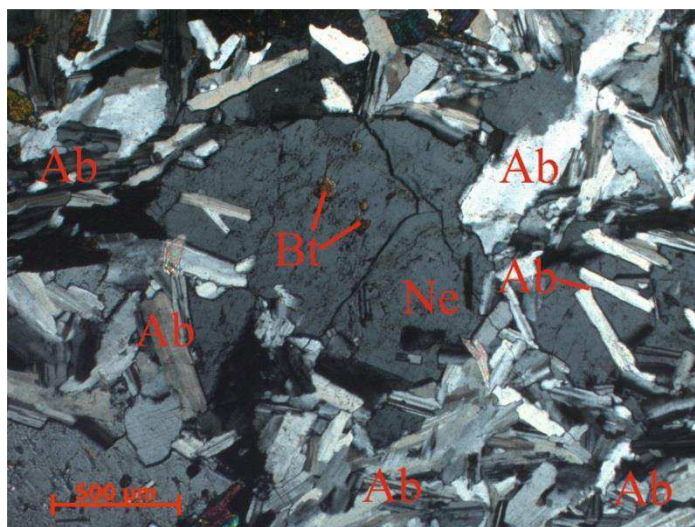


Рисунок 5.1.14 – Мариуполит (шлиф 2-4). Включения альбита (Ab) и биотита (Bt) в нефелине (Ne); николи скрещены

Биотит, наблюдаемый в нефелине, представлен чешуйками, плеохроирующими от светло коричневого до темно-коричневого цвета. Размер чешуек 0,05-0,1 мм,

Рихтерит представлен зернами неправильной формы размером 0,05-0,3 мм, некоторые зерна срastaются с эгирином и флюоритом, также наблюдаются включения последнего.

Флюорит зонально окрашен от бледно-фиолетового до темно-фиолетового цвета, имеет изометричную и неправильную формы. Размер зерен 0,01-0,2 мм, наблюдается в качестве включений в зернах альбита, эгирина и рихтерита.

Апатит, имеющий игольчатую форму, с размером зерен 0,01-0,05 мм, встречается в зернах альбита и нефелина. Апатит в альбите изображен на рисунке 5.1.15.

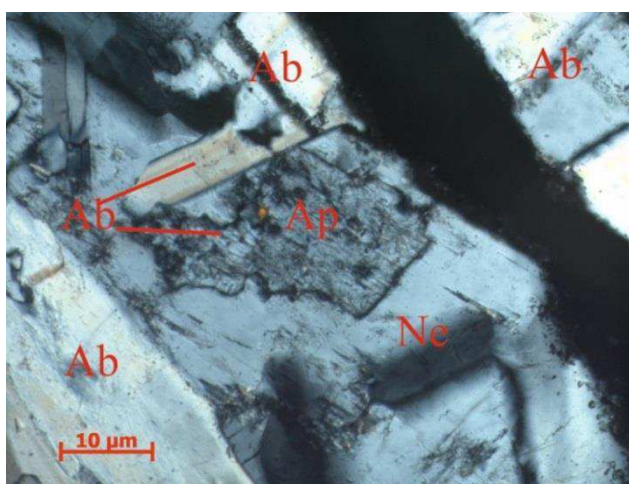


Рисунок 5.1.15 – Мариуполит (шлиф 6-41). Игольчатые зерна апатита (Ap) в альбите (Ab); николи скрещены

Эпидот, образовавшийся в постмагматическую стадию, редок. Зерна имеют неправильную форму, размер 0,1-0,35 мм, отмечается скопление зерен эпидота с гидроокислами железа вокруг эгирина, что отображено на рисунке 5.1.16, также отмечаются зерна между нефелином и альбитом.

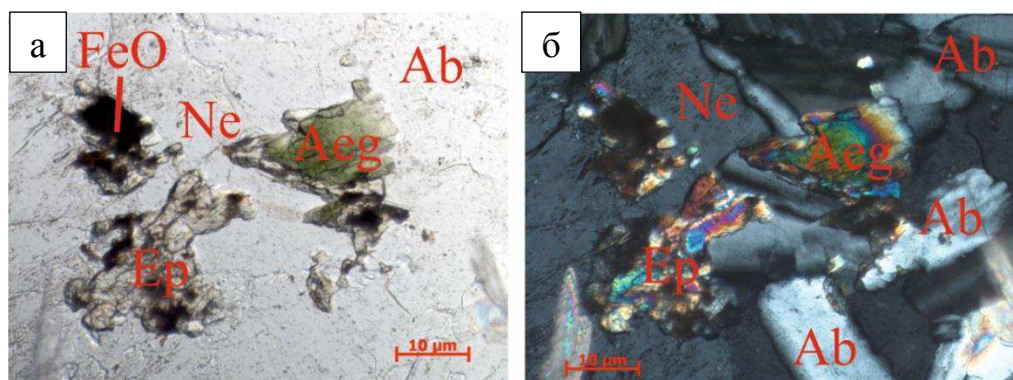


Рисунок 5.1.16 – Мариуполит (шлиф 2-4). Скопление зерен эпидота (Ep) с гидроокислами железа (FeO) вокруг эгирина (Aeg); а – николи параллельны, б – николи скрещены

Гидроокислы железа в породе распределены неравномерно, отмечаются преимущественно по трещинам.

Ювит

Ювит, изображенный на рисунке 5.1.17, серого цвета, массивной текстуры, средне-, крупнозернистой структуры (1-6 мм).



Рисунок 5.1.17 – Образец 7-29. Ювит

Химический состав ювитов в массовых процентах: SiO_2 – 57%, Al_2O_3 – 22,6%, Fe_2O_3 – 2%, MgO 0,5–1%, CaO 1,4–2,4%, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 14$ –15%; отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 2,4$ –3,4 [13].

Породы сложены нефелином (40-50%), альбитом (20-40%), эгирином, авгитом (1-10%), микроклином (5-10%), канкринитом (5%), микроклинопертитом (менее 1%), биотитом (менее 1%), эвдиалитом (менее 1%), рихтеритом (менее 1%). Акцессорные минералы представлены, титанитом (1-2%), апатитом (1%), флюоритом (менее 1%), цирконом (менее 1%), гидроокислами железа (менее 1%).

Гипидиморфозернистая, агпаитовая структура обусловлена идиоморфизмом бесцветных минералов и резко ксеноморфным развитием темноцветов. Пойкилитовая структура характеризуется включением микроклина, эгирина, альбита и рихтерита в зернах нефелина. Порфиоровидные выделения нефелина, изображенные на рисунке 5.1.18, характеризуют порфиоровидную структуру. Также отмечается дактилоскопическая структура, обусловленная срастанием нефелина с микроклином.

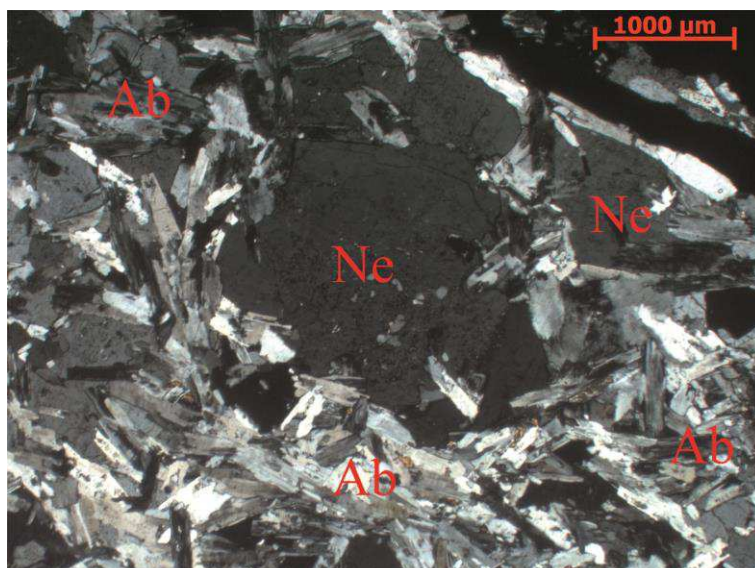


Рисунок 5.1.18 – Ювит (шлиф 2-7/1). Порфировидная структура; николи скрещены

Нефелин размером 0,35-0,7 мм имеет неправильную и таблитчатую формы, некоторые зерна содержат включения микроклина, эгирина и альбита, что изображено на рисунке 5.1.19.

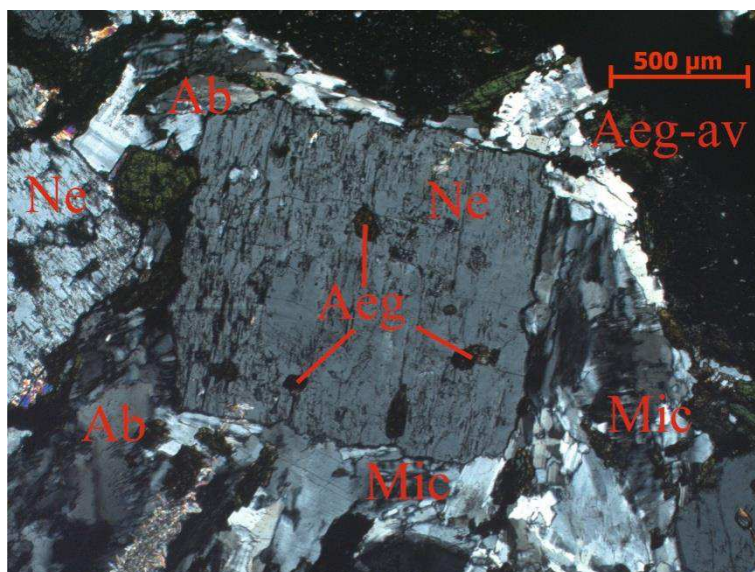


Рисунок 5.1.19 – Ювит (шлиф 7-29). Пойкилитовая структура, обусловленная включениями эгирин-авгита (Aeg-av) в нефелине (Ne); николи скрещены

Альбит имеет неправильную и таблитчатую формы, размер зерен 0,02-1,4 мм. Зерна альбита окружают порфировидные зерна нефелина, некоторые зерна включены в него. Отмечаются зерна не только полисинтетически сдвойникованные, но и без двойников с извилистыми границами, которые чаще всего замещают зерна микроклина, также часты пелитизированные зерна.

Микроклин, изображенный на рисунке 5.1.20, с размером зерен 0,1-0,65 мм имеет неправильную форму с извилистыми границами и характерными решетчатыми двойниками. Некоторые зерна частично альбитизированы.

Микроклин-пертит имеет неправильную форму, альбит прорезывает зерна микроклина, размер зерен 0,5-2 мм.

Канкринит имеет неправильную форму и окружает зерна нефелина и альбита. Размер зерен 0,05-1,6 мм.

Эгирин-авгит плеохроирует от темно-зеленого до коричневатого цвета, размер зерен 0,01-0,7 мм, встречается между зернами альбита, нефелина и микроклина, также в качестве включений в нефелине.

Биотит размером 0,05-0,2 мм сростается с эгирином и отмечаются между альбитом и нефелином, также чешуйки биотита отмечаются в зернах нефелина.

Эвдиалит редок, зерна желтого цвета размером 0,3-0,4 мм имеют призматическую форму, сростаются с эгирин-авгитом, отмечаются между зернами нефелина и альбита.

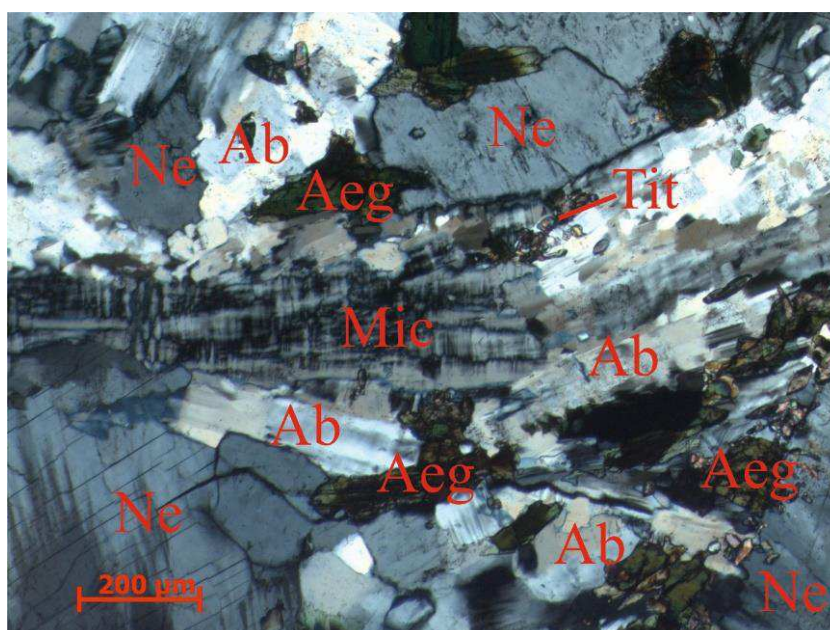


Рисунок 5.1.20 – Ювит (шлиф 7-29). Микроклин (Mic), замещаемый альбитом (Ab); николи скрещены

Рихтерит бледно-желтого цвета, изображенный на рисунке 5.1.21, игольчатой и удлинено-неправильной формы отмечается в виде скоплений и одиночных зерен в нефелине, размер зерен 0,05-0,35 мм.

Титанит имеет клиновидную форму и размер 0,05-0,35 мм. В породе зерна распределены неравномерно, наблюдаются скопления возле зерен эгирина.

Апатит размером 0,01-0,05 мм имеет игольчатую форму. Зерна апатита отмечаются преимущественно в зернах нефелина.

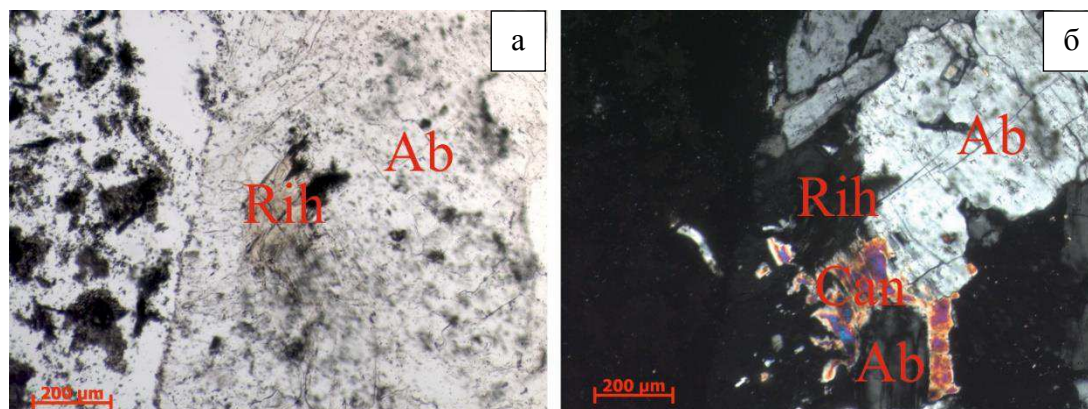


Рисунок 5.1.21 – Ювита (шлиф 7-31). Зерно рихтерита (Rih) между зернами нефелина (Ne) и альбита (Ab); а – николи параллельны, б – николи скрещены

Флюорит редок, неравномерно окрашен от бесцветного до бледно-фиолетового цвета, изометричной формы с размером зерен 0,05-0,6 мм, отмечается в сростании с эвдиалитом, нефелином и рихтеритом.

Циркон изометричной формы размером до 0,03 мм наблюдаются совместно с зернами титанита возле зерен эгирина.

Гидроокислы железа редки, встречаются по трещинам.

Ийолит

Ийолит темно-серого цвета, мелко-, среднезернистой структуры, такситовой текстуры.

Порода сложена нефелином (55%), эгирином-авгитом, эгирином (25-30%), биотитом (10-15%). Из аксессуарных минералов отмечаются титанит (10-15%), апатит (менее 1%), флюорит (менее 1%), рудные минералы (менее 1%), гидроокислы железа (менее 1%).

Микроструктура пород гипидиморфозернистая, пойкилитовая, обусловленная множеством включений в нефелине. Пойкилитовая структура изображена на рисунке 5.1.22.

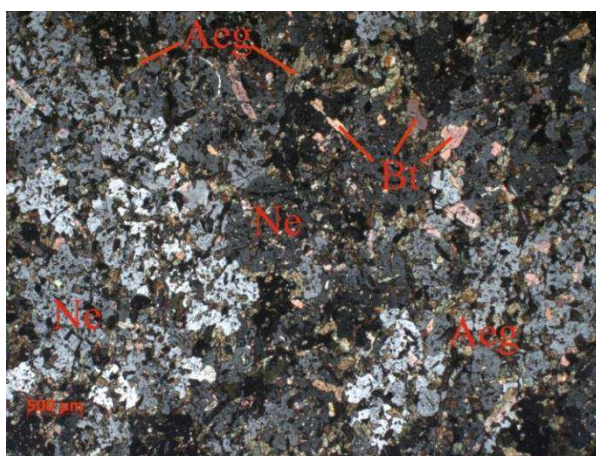


Рисунок 5.1.22 – Ийолит (шлиф 1-3). Пойкилитовая микроструктура, характеризующаяся включениями зерен эгирина (Aeg) и биотита (Bt) в нефелине (Ne); николи скрещены

Химический состав ийолитов в массовых процентах: SiO_2 до 50%, Al_2O_3 – 18,2%, Fe_2O_3 – 8,1%, MgO – 2,4%, CaO – 9,7%, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 10,8–12,5%; отношение $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 2,3$ [13].

Нефелин имеет короткопризматическую форму, размер зерен до 4 мм, по краям обрастает зернами эгирин-авгита, титанита, биотита, также наблюдаются включения этих минералов, эгирина и рудных минералов. Некоторые зерна нефелина канкринитизированы и пелитизированы.

Эгирин-авгит, плеохроирующий в коричневато-зеленых тонах, размером 0,1-0,3 мм имеет призматическую и короткопризматическую формы. Часто отмечаются сростания с биотитом и титанитом.

Эгирин призматической формы с размером до 1 мм представлен не только отдельными зернами, но и скоплениями зерен размером до 5 мм. В эгирине отмечаются включения титанита, биотита, флюорита. Эгирин плеохроирует от травяно-зеленого до коричневого цвета.

Биотит представлен чешуйками размером 0,1-1 мм, которые содержатся в качестве включений в нефелине. Чешуйки биотита плеохроируют от зеленоватого-коричневого до желтовато-коричневого цвета.

Титанит клиновидной формы неравномерно окрашен, бурого цвета. Размер зерен до 1,5 мм сростается с эгирин-авгитом, отмечается в интерстиции и в качестве включений в нефелине.

Апатит размером до 0,02 мм игольчатой формы отмечается в качестве включений в нефелине.

Флюорит, неравномерно окрашенный от светло-розового до лилового цвета, отмечается в качестве включений в эгирине. Размер зерен до 0,2 мм.

Рудные минералы размером 0,01-0,05 мм имеют неправильную форму и встречаются в качестве включений в нефелине и эгирин-авгите.

Гидроокислы железа отмечаются по трещинам.

Ийолит полевошпатовый

Породы, представленные полевошпатовым ийолитом, темно-серого цвета, массивной текстуры, мелко-среднезернистой структуры (0,5-5 мм). Ийолит изображен на рисунке 5.1.23.

Порода сложена нефелином (40-45%), эгирин-авгитом (25-30%), микроклин-пертитом (5-10%), альбитизированным микроклином (до 5%), альбитом (5-10%), биотитом (до 5%) и канкринитом (менее 1%). Из аксессуарных минералов встречается титанит (5-10%), апатит (менее 1%) флюорит (менее 1%), рудный минерал (до 1%), гематит (менее 1%) и лимонит (менее 1%).



Рисунок 5.1.23 –Полевошпатовый ийолит. Образец 3-35/1

Пойкилитовая микроструктура, изображенная на рисунке 5.1.24, характеризуется включениями зерен эгирин-авгита, биотита, титанита, апатита, рудного минерала и флюорита в нефелине, альбите и микроклине.

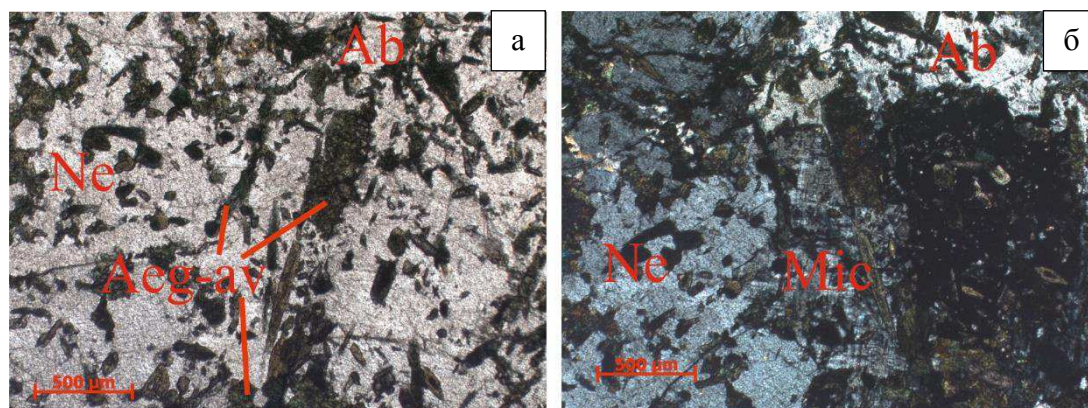


Рисунок 5.1.24 – Полевошпатовый ийолит (шлиф Тат 1-2). Пойкилитовая микроструктура, характеризующаяся включениями зерен эгирин-авгита (Aeg-au), в нефелине (Ne), микроклине (Mic) и альбите (Ab); а – николи параллельны, б – николи скрещены

Нефелин имеет таблитчатую форму с размером зерен от 0,3 до 4 мм. Некоторые зерна имеют включения несдвойникового альбита. В результате срастания нефелина с микроклином образуется дактилоскопическая микроструктура, изображенная на рисунке 5.1.25.

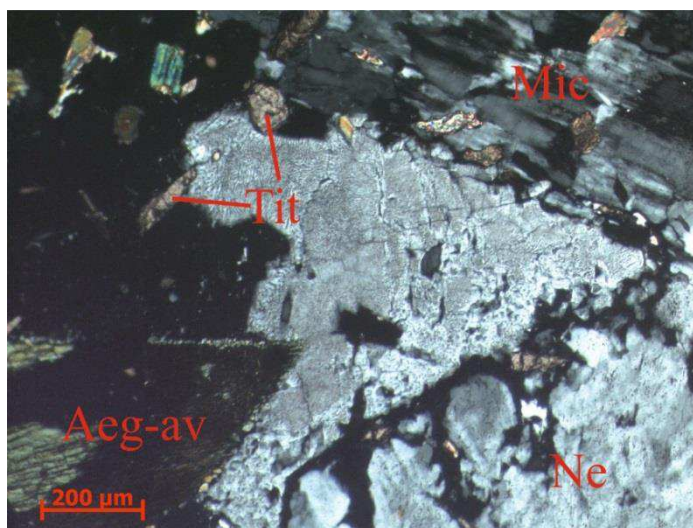


Рисунок 5.1.25 – Полевошпатовый ийолит (шлиф 3-35/1). Дактилоскопическая структура, обусловленная срастанием (Ne) с микроклином (Mic); николи скрещены

Альбит представлен зернами удлинённо-неправильной формы размером 0,35-2,8 мм, которые наблюдаются совместно с микроклином между зернами нефелина и кородируют его зерна.

Микроклин-пертит размером 0,3-2 мм имеет неправильную форму, заполняет промежутки между нефелином, содержит включения альбита, которые отображены на рисунке 5.1.26.

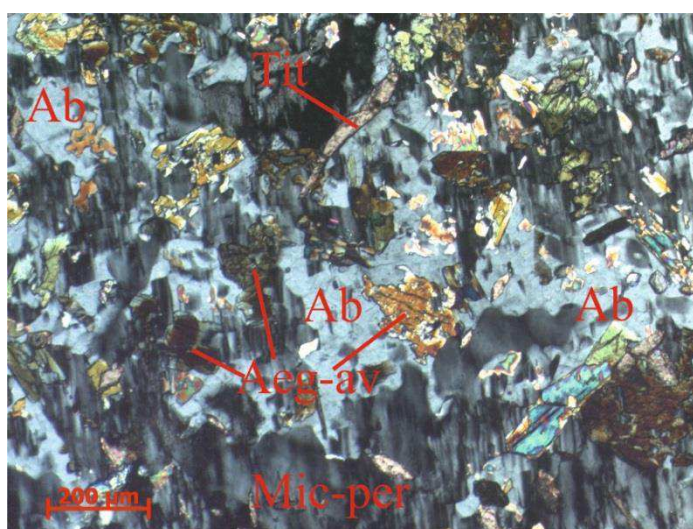


Рисунок 5.1.26 – Полевошпатовый ийолит (шлиф 3-35/1). Зерна титанита (Tit), эгирин-авгита (Aeg-av) и альбита (Ab) неправильной формы с пойкилитовой структурой в микроклин-пертите (Mic-per); николи скрещены

Альбитизированный микроклин с решетчатыми двойниками размером 0,2-1,3 мм имеет неправильную форму, встречается между зернами нефелина.

Эгирин-авгит имеет удлинённо-призматическую и изометричную формы и размер 0,02-2,1 мм, отмечается в качестве включений в нефелине, микроклин-пертите и альбите. Зерна эгирин-авгита срастаются с чешуйками биотита и содержат его включения, также срастаются с флюоритом и содержат включения титанита и рудного минерала, что изображено на рисунке 5.1.27.

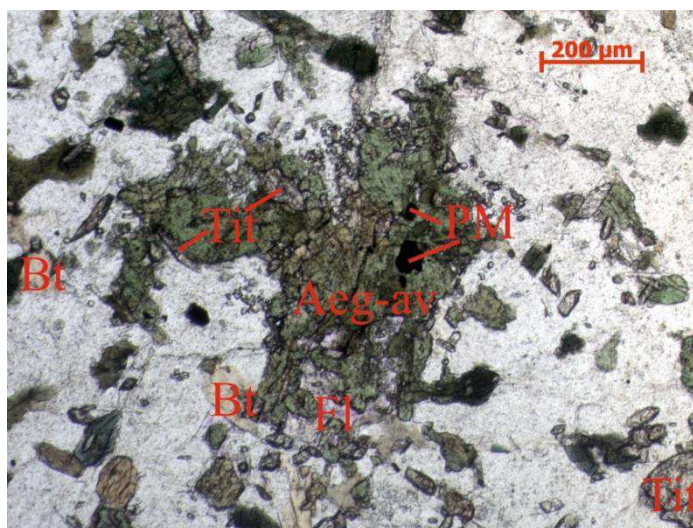


Рисунок 5.1.27 – Полевошпатовый ийолит (шлиф Тат 1-2). Включения биотита (Bt), рудного минерала (PM) и титанита (Tit) в эгирин-авгите (Aeg-av); николи параллельны

Канкринит имеет неправильную форму, встречается в качестве включений в зернах нефелина. Размер зерен канкринита достигает 0,1 мм.

Биотит размером 0,05-0,5 мм отмечается не только в эгирине, но также в нефелине и альбите.

Титанит, имеющий клиновидные зерна, в породе распределен неравномерно. Размер зерен 0,01-0,7 мм,

Апатит размером 0,01-0,2 мм игольчатой формы отмечается в качестве включений в нефелине.

Флюорит размером 0,05-0,3 мм имеет неправильную форму, также как и рудные минералы встречается в зернах эгирин-авгита.

Рудные минералы изометричной формы в породе распределены неравномерно, наблюдаются в качестве включений в эгирин-авгите и нефелине. Размер зерен 0,01-0,1 мм.

Гематит представлен изометричными и неправильными зернами размером 0,02-0,27 мм, распределен неравномерно по всей породе.

Лимонит отмечается по трещинам в нефелине, альбите и микроклине.

Жильные породы

Жильные породы, представленные сиенит-пегматитом, образовались после завершения формирования интрузивного тела [13].

Сиенит-пегматит

Сиенит-пегматит, изображенный на рисунке 5.1.28, светло-серого цвета с массивной текстурой и крупнозернистой структурой (5-10 мм).



Рисунок 5.1.28 – Образец 8-22. Сиенит-пегматит

Сложены породы альбитом (30-35%), актинолитом (35-40%), виллиомитом (15-20%), эвдиалитом (менее 1%). Из аксессуарных минералов наблюдается апатит (5%), флюорит (5%), рудные минералы (1%), гидроокислы железа (менее 1%). Микроструктура породы гипидиоморфозернистая.

Альбит представлен двумя генерациями. Сильно трещиноватые лейсты *альбита I генерации* размером от 0,2 до 4 мм с полисинтетическим двойникованием беспорядочно расположены в породе.

Альбит II генерации, изображенный на рисунке 5.1.29, размером до 2 мм с полисинтетическими двойниками отмечается в альбите I генерации, имеет неправильную форму.

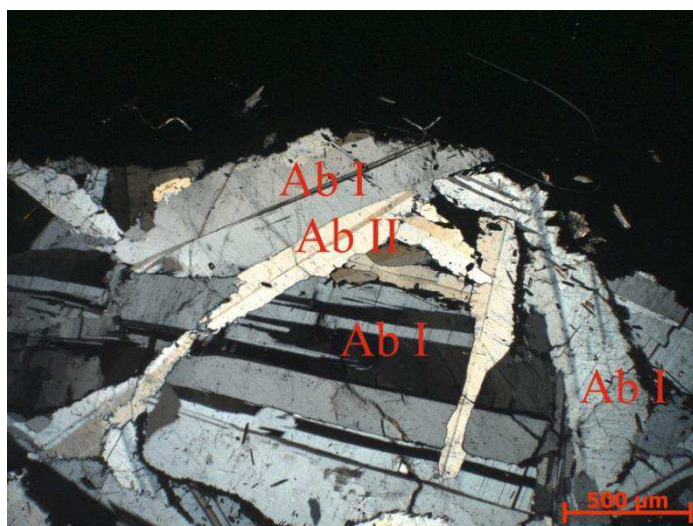


Рисунок 5.1.29 – Сиенит-пегматит (шлиф 8-20). Зерна альбита II генерации (Ab II) в зернах альбита I генерации (Ab I); николи скрещены

Актинолит, плеохроирующий от желтовато-зеленого до травяно-зеленого цвета, имеет игольчатую и призматическую формы. Размер зерен 0,05-1,5 мм, скопления зерен размером до 5 мм. Актинолит окружает зерна

эвдиалита и присутствует в нем в качестве включений, также отмечается по трещинам в альбите, что изображено на рисунке 5.1.30.

Виллиамит, неравномерно окрашен, плеохроирует от бледно-розового до малинового цвета, что отображено на рисунке 5.1.31, размер зерна 5 мм, в центре зерна отмечается зерно флюорита неправильной формы размером 1,6 мм. Помимо этого в нем наблюдаются многочисленные включения зерен актинолита размером до 0,4 мм, апатита размером до 0,06 мм и рудного минерала неправильной и прямоугольной формы по трещинам размером 0,01-0,1 мм.

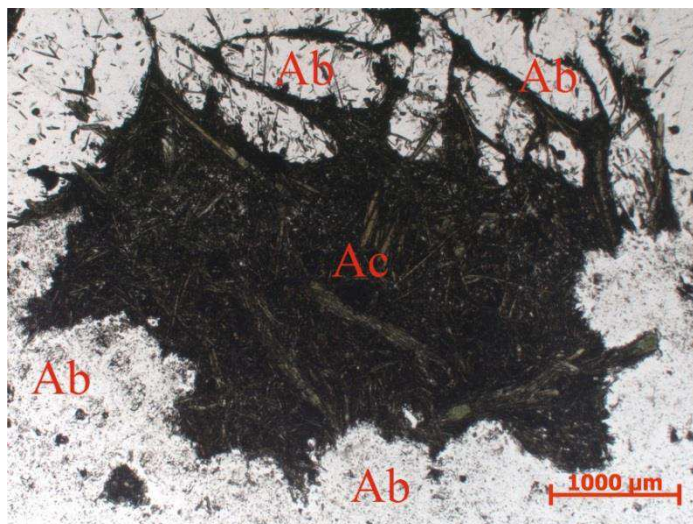


Рисунок 5.1.30 – Сиенит-пегматит (шлиф 8-20). Зерна актинолита (Ac) окружают зерна альбита (Ab); николи параллельны

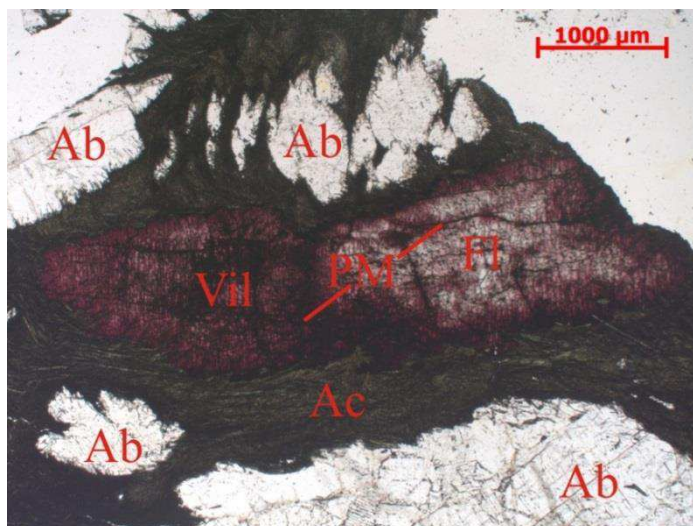


Рисунок 5.1.31 – Сиенит-пегматит (шлиф 8-22/2). Зерно виллиамита (Vil) окружено зернами актинолита (Ac) и содержит его включения, а также включения флюорита (Fl) и рудного минерала (PM); николи параллельны

Эвдиалит, изображенный на рисунке 5.1.32, содержит включения альбита и игольчатые зерна актинолита, а также имеет высокий рельеф, низкое двупреломление, зональное погасание. Размер зерна 3,2 мм.

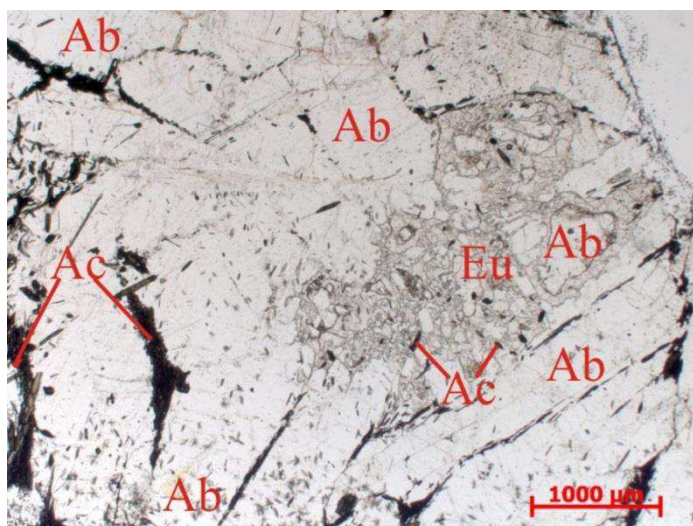


Рисунок 5.1.32 – Сиенит-пегматит (шлиф 8-20). Зерна эвдиалита (Eu) содержат включения альбита (Ab) и актинолита (Ac); а – николи параллельны

Флюорит бледно-розового цвета изображен на рисунке 5.1.33. Во флюорите наблюдаются многочисленные включения рудного минерала и актинолита размером до 0,5 мм.

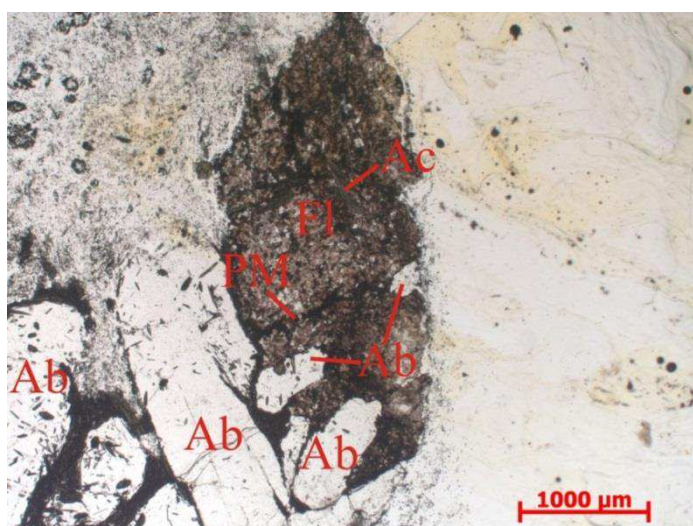


Рисунок 5.1.33 – Сиенит-пегматит (шлиф 8-20). Зерна флюорита (Fl) с включениями актинолита (Ac) и рудного минерала (PM); николи параллельны

Рудный минерал изометричной и неправильной формы размером 0,01-0,1 мм наблюдается в зернах флюорита и виллиамита.

Апатит игольчатой формы размером 0,01-0,05 мм отмечается в качестве включений в зернах альбита и эвдиалита.

Гидроокислы железа наблюдаются по трещинам во флюорите и альбите.

Породы контактового ореола

В близи интрузии встречены турмалинсодержащие биотитовые роговики с кварцевыми прожилками, ксенолиты известняков в массиве скарнируются, образуя диопсид-доломитовые скарны.

Диопсид-доломитовый скарн

Диопсид-доломитовый скарн, изображенный на рисунке 5.1.34, светло-серого цвета, массивной текстуры, мелкозернистой структуры (до 1 мм).



Рисунок 5.1.34 – Образец 4-0/3. Диопсид-доломитовый скарн

Породы сложены доломитом (80-85%), миццонитом (5-10%), флогопитом (2-3%), диопсидом (менее 1%), лимонитом (5%) и гематитом (менее 1%).

Лепидонематогранобластовая микроструктура обусловлена незначительным количеством чешуек флогопита и призматических зерен диопсида среди агрегатов зерен доломита.

Доломит составляет большую часть породы, представлен агрегатами зерен ромбоэдрической формы. Размер зерен от 0,01 до 0,5 мм.

Серпентин, изображенный на рисунке 5.1.35, неправильной формы размером до 0,1 мм отмечается между агрегатами зерен доломита.

Флогопит представлен чешуйками, которые плеохроируют от бесцветного до бледно-зеленого цвета. Размер чешуек до 0,1 мм. Флогопит имеет положительное удлинение, прямое погасание, от биотита отличается большим показателем преломления.

Миццонит, изображенный на рисунке 5.1.36, обладает хорошей спайностью и двупреломлением $\Delta=0,02$, в шлифах схож с чешуйками флогопита, отличается от них отрицательным удлинением и отсутствием плеохроизма. Размер зерен от 0,05 до 0,5 мм.

Диопсид призматической формы, изображен на рисунке 5.1.37. Размер зерен 0,05-0,3 мм, отмечается между агрегатами зерен доломита.

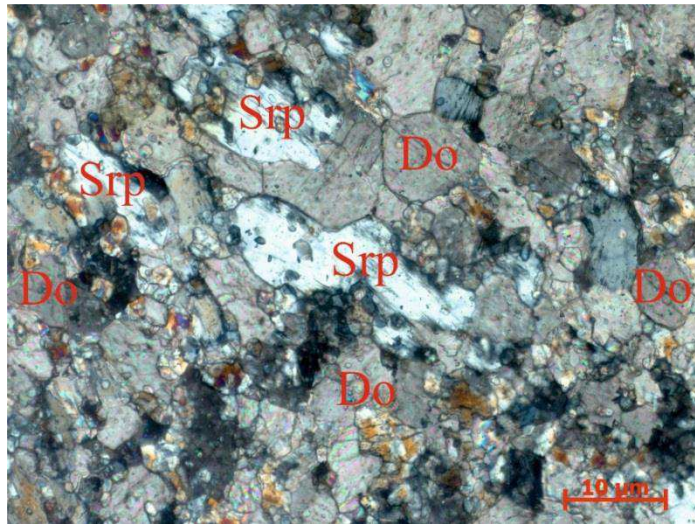


Рисунок 5.1.35 –Диопсид-доломитовый скарн (шлиф 2-7). Зерна серпентина (Ser), окруженные агрегатами зерен доломита (Do); николи скрещены

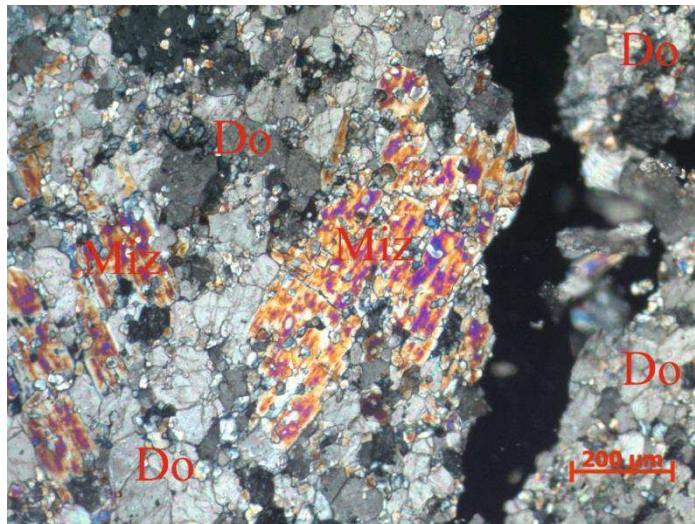


Рисунок 5.1.36 – Диопсид-доломитовый скарн (шлиф 2-7). Миццонит (Miz), окруженный агрегатами зерен доломита (Do); николи скрещены

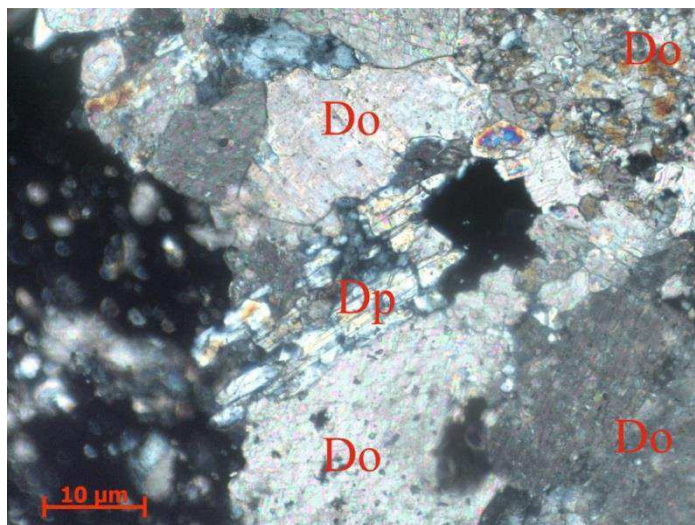


Рисунок 5.1.37 – Диопсид-доломитовый скарн (шлиф 2-7). Диопсид (Dp), окруженный агрегатами зерен доломита (Do); николи скрещены

Гематит буровато-красного цвета неравномерно распределен в породе, встречается как в виде одиночных зерен размером до 0,05 мм, так и в виде скоплений размером до 1,4 мм.

Лимонит в породе распределен неравномерно, окружает агрегаты зерен доломита.

Также в породе наблюдается *железисто-кварцевый прожилок*, мощностью 0,1 мм. Прожилок сложен гребневидными зернами кварца размером до 0,05 мм, которые окружают гидроокислы железа, находящиеся в центре прожилка.

Турмалинсодержащий биотитовый роговик

Порода серого цвета, тонко-, мелкозернистая, массивной текстуры. Микроструктура пойкилобластовая с лепидобластовой основной тканью.

Минеральный состав породы: кварц (55-60%), альбит (10-15%), биотит (10-15%), мусковит (10%), Акцессорные минералы представлены турмалином (до 1%), цирконом (менее 1%), рудными минералами (менее 1%), а так же широко проявленным углеродистым веществом (5-7%).

Биотит образует, в основном ксеноморфные чешуйчатые зерна и агрегаты с неровными корродированными ограничениями, и лейстовидные отдельные кристаллы. Величина зерен 0,05-0,2 мм, до 0,5 мм. По биотиту развиваются гидроокислы железа. Плеохроирует в коричневых тонах.

Мусковит представлен чешуйками с размером 0,08-0,12 мм. По мусковиту развивается вторичное углеродистое вещество, что затрудняет точное определение его оптических характеристик. Плеохроирует в светло-зеленоватых тонах.

Кварц проявлен в виде мелких (0,015-0,03 мм) зерен гипидиоморфной формы с облачным угасанием. По краям зерен наблюдается увеличение углеродистого вещества, что затрудняет диагностику границ.

Альбит наблюдается в идиоморфных короткопризматических кристаллах (до 0,05 мм), соизмеримых по величине с кварцем. В единичных зернах отмечается полисинтетическое двойникование. Диагностика минерала так же затруднена из-за большого количества углеродистого вещества.

Турмалин плеохроирует в желто-коричневых тонах и образует единичные идиоморфные зерна с собственными кристаллографическими ограничениями. Форма турмалиновых зерен близка к сферическому треугольнику. Размер зерен до 0,3 мм. Турмалин содержит включения кварца, формируя пойкилобластовую микроструктуру.

Циркон представлен зернами округлой формы, величиной до 0,02 мм. Плеохроирует в желтоватых тонах.

Рудные минералы представляют собой ксеноморфные включения в породе. Размер зерен в среднем 0,01-0,03 мм, до 0,08 мм.

Углеродистое вещество, пропитывающее породу, не поддается более точной диагностике, развивается на стыках зерен и иногда концентрируется в

волосовидные линзочки, имеющие субпараллельную ориентировку, определяя неясновыраженную ориентированную текстуру породы.

Породу сечет *кварцевый прожилок* мощностью 0,05 мм, сложенный неправильными зернами кварца размером 0,01-0,05 мм.

5.2 Петрохимия

В разделе петрохимия описывается состав породообразующих минералов и химическая характеристика пород.

5.2.1 Состав породообразующих минералов

Химический состав породообразующих минералов выполнен в лаборатории микронзондового анализа в ИГиМ СО РАН г. Новосибирска В. А. Акимцевым. Кристаллохимические формулы нефелина, микроклина, альбита, эгирина и биотита рассчитаны кислородным методом. Химический состав данных минералов приведен в таблице 5.2.1.1.

Таблица 5.2.1.1. – Химический состав породообразующих минералов

массовые проценты

	Полевошпатовый ийолит (обр.5/2-1)				
	нефелин 1	нефелин 1	нефелин 2	микроклин 1	микроклин 2
SiO ₂	43,720	44,570	45,210	62,180	64,320
TiO ₂	0,00	0,00	0,00	0,076	0,016
Al ₂ O ₃	32,920	33,120	36,480	19,600	18,310
Σ FeO	0,300	0,242	0,216	0,087	0,139
MgO	0,00	0,00	0,00	0,005	0,001
CaO	0,043	0,029	1,080	0,037	0,033
Na ₂ O	15,980	16,380	15,490	0,778	1,370
K ₂ O	6,290	6,10	5,790	14,300	14,250
Сумма	99,254	100,441	104,266	97,063	98,439
кристаллохимические формулы					
Si	4,228	4,253	4,135	2,942	2,999
Ti	0,00	0,00	0,00	0,003	0,001
Al	3,748	3,721	3,928	1,092	1,005
Fe	0,022	0,017	0,015	0,003	0,005
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ca	0,004	0,003	0,106	0,002	0,002
Na	2,993	3,027	2,744	0,071	0,124
K	0,775	0,742	0,675	0,862	0,847

Нефелин в породах Средне-Татарской интрузии содержит незначительную примесь железа, отсутствуют примеси титана и магния. В полевошпатовом ийолите отмечается две разновидности нефелина. В нефелине-1 больше железа и кремния по сравнению с нефелином-2, а в нефелине-2 содержится больше алюминия и на порядок выше содержание кальция.

Микроклин в фойяитах и ийолитах характеризуется двумя генерациями. В фойяитах содержит меньше титана, также наблюдаются примеси магния в микроклине-1 и больше кальция по сравнению с микроклином-2. В ийолите повышенное содержание железа и преобладание кальция над титаном относительно микроклина первой генерации.

Продолжение таблицы 5.2.1.1.
массовые проценты

	Полевошпатовый ийолит (обр.5/2-1)					
	микроклин 2	альбит 1	альбит 2	эгирин 1	эгирин 2	биотит
SiO ₂	69,990	68,570	68,930	48,710	47,960	32,020
TiO ₂	0,015	0,003	0,003	0,192	0,417	0,646
Al ₂ O ₃	18,760	19,510	19,460	1,090	1,360	13,310
Σ FeO	0,219	0,078	0,079	25,160	25,300	34,650
MgO	0,004	0,00	0,00	1,200	0,762	0,508
CaO	0,038	0,062	0,118	18,800	18,180	4,350
Na ₂ O	0,805	11,410	11,470	2,280	2,430	0,391
K ₂ O	14,610	0,105	0,075	0,010	0,023	8,550
Сумма	97,441	99,738	100,135	98,852	97,782	95,385
кристаллохимические формулы						
Si	2,973	3,00	3,003	1,921	1,913	4,141
Ti	0,001	0,00	0,00	0,006	0,012	0,063
Al	1,042	1,005	0,998	0,051	0,064	1,013
Fe	0,008	0,003	0,003	0,746	0,759	1,685
Mg	0,00	0,00	0,00	0,070	0,045	0,098
Ca	0,002	0,003	0,006	0,794	0,776	0,602
Na	0,074	0,967	0,968	0,174	0,188	0,049
K	0,879	0,006	0,004	0,001	0,001	0,705

Альбит из фойяита представлен двумя разновидностями, содержит небольшие концентрации SiO₂, также наблюдается преобладание Na₂O над K₂O, но в целом не отличается от альбита в полевошпатовых ийолитах, в котором отмечаются примеси кальция, калия и железа. В альбите-1 из фойяита больше примеси железа, но меньше примеси кальция по сравнению с альбитом более поздней второй генерации и альбитом из полевошпатового ийолита.

Эгирин из фойяитов содержит больше Na по сравнению с эгирином из ийолитов, также в нем отмечается около 10% геденбергита и 10% авгита. Состав эгирина из фойяитов постоянен.

В ийолитах наблюдается две генерации эгирина. В эгирине второй генерации больше алюминия и магния, а также вдвое выше содержание титана относительно эгирина первой генерации.

Продолжение таблицы 5.2.1.1
массовые проценты

	Фойяит (обр. 4/1-1)				
	нефелин	микроклин 1	микроклин 2	альбит 1	альбит 2
SiO ₂	43,900	64,590	65,640	69,460	67,760
TiO ₂	0,00	0,001	0,010	0,00	0,002
Al ₂ O ₃	33,240	17,740	17,800	18,440	18,630
Σ FeO	0,559	0,038	0,151	0,313	0,194
MgO	0,00	0,008	0,00	0,00	0,00
CaO	0,011	0,013	0,010	0,008	0,018
Na ₂ O	16,130	0,244	0,545	11,990	11,790
K ₂ O	6,820	16,580	16,330	0,066	0,065
Сумма	100,660	99,214	100,487	100,295	100,459
кристаллохимические формулы					
Si	4,203	3,015	3,021	3,028	3,009
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	3,747	0,975	0,964	0,947	0,974
Fe	0,040	0,001	0,005	0,010	0,006
Mg	0,00	0,001	0,00	0,00	0,00
Ca	0,001	0,001	0,00	0,00	0,001
Na	2,991	0,022	0,049	1,012	1,014
K	0,832	0,986	0,958	0,004	0,004

Продолжение таблицы 5.2.1.1
массовые проценты

	Фойяит (обр. 4/1-1)			
	альбит 2	эгирин	эгирин	эгирин
SiO ₂	69,270	52,610	52,270	52,690
TiO ₂	0,005	0,609	0,961	0,748
Al ₂ O ₃	19,060	1,560	1,490	1,520
Σ FeO	0,153	27,450	27,020	27,490
MgO	0,00	0,161	0,137	0,183
CaO	0,015	1,310	0,854	1,420
Na ₂ O	11,890	12,750	13,210	12,440
K ₂ O	0,133	0,001	0,016	0,011
Сумма	100,526	96,989	96,552	96,946
кристаллохимические формулы				
Si	3,012	2,052	2,050	2,052
Ti	0,00	0,018	0,028	0,022
Al	0,976	0,072	0,069	0,070
Fe	0,005	0,805	0,797	0,805
Mg	0,00	0,009	0,008	0,011
Ca	0,001	0,056	0,036	0,059
Na	1,001	0,963	1,003	0,939
K	0,007	0,00	0,001	0,001

Биотит, наблюдаемый в ийолитах, содержит меньше SiO₂ и больше кальция по сравнению со средним содержанием в магматических породах.

Несколько разновидностей минералов в фойяитах и ийолитах указывает на эволюцию при наложенных постмагматических процессах и при дифференциации магматического расплава в процессе кристаллизации.

5.2.2 Химическая характеристика пород

Петрохимическая аттестация пород Средне-Татарского массива была проведена по 209 силикатным анализам В.В. Терещенко согласно составам пород по А.Н. Заварицкому и Петрографическому кодексу 2008 года. На диаграмме $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$, изображенной на рисунке 5.2.2.1, отображены области фойяитов, мальинитов, мариуполитов и ювитов, а также породы интрузии по В.В. Терещенко. На данной диаграмме видно, что данные породы попадают преимущественно в область фельдшпатоидных пород. В области умеренно-щелочных пород за счет выноса Na_2O и K_2O наблюдаются выветрелые отложения.

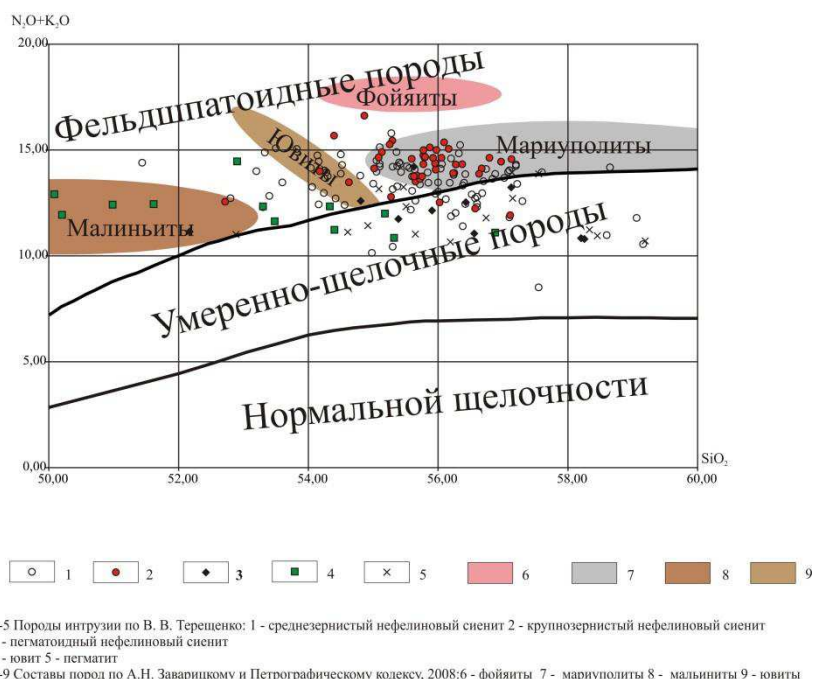
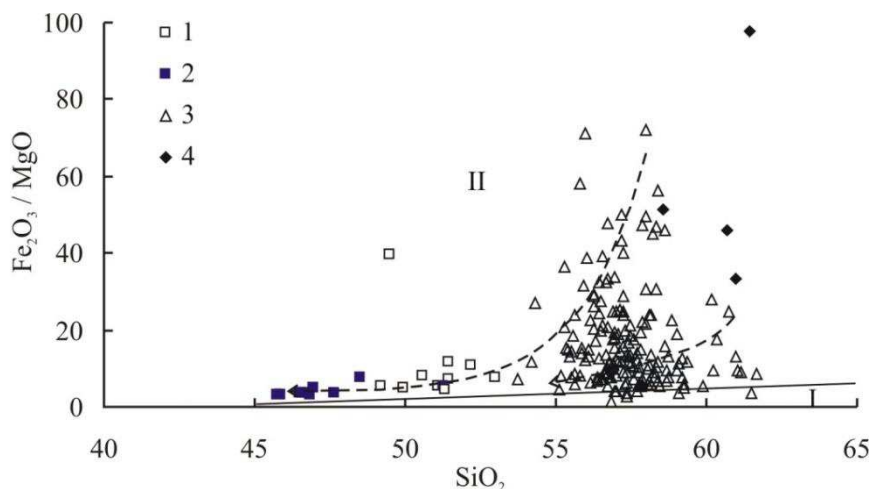


Рисунок 5.2.2.1 – Диаграмма $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$

В область мальинитов попадают породы, отнесенные В.В. Терещенко к ювитам, а также небольшое количество пегматитов и нефелиновых сиенитов. Среднезернистые нефелиновые сиениты находятся в области ювитов и мариуполитов, а крупнозернистые в основном наблюдаются в области мариуполитов. Также в эту область попало небольшое количество пегматоидных нефелиновых сиенитов и пегматитов.

Щелочные породы отделяются от умеренно-щелочных по присутствию модальных фельдшпатоидов и щелочных темноцветных силикатов. Согласно этому условию все породы за исключением выветрелых попадают в группу щелочных магматитов.

Для количественного разграничения пород, относящихся к толеитовой и известково-щелочной сериям была применена диаграмма железистости-кремнекислотности А.Миаширо, изображенная на рисунке 5.2.2.2 [9].

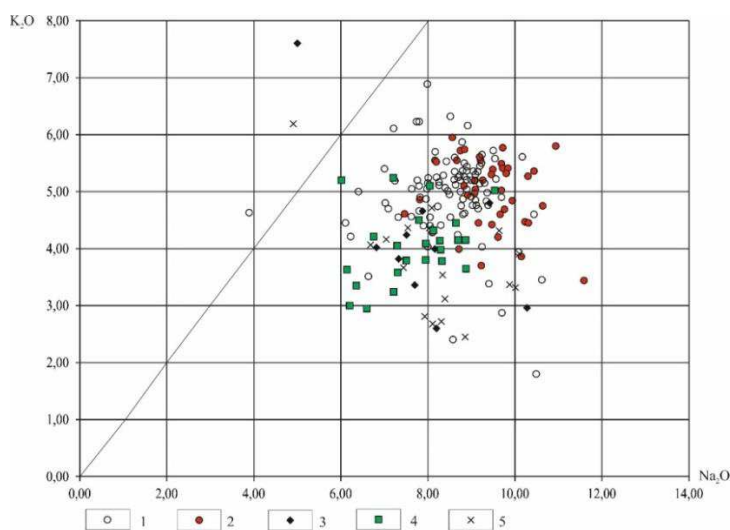


1 – лейкойолиты, 2 – мезократовые ийолиты, 3 – фойяиты, 4 – фойяиты зоны выветривания; Поля I, II ограничены составами известково-щелочной и толеитовой серий соответственно. Пунктиром со стрелкой показаны направления эволюции химизма пород массива.

Рисунок 5.2.2.2 – Классификационная бинарная диаграмма $FeO^I/MgO - SiO_2$

На диаграмме А. Миаширо видно, что большинство точек находится в поле толеитовой серии. Для щелочных пород данная диаграмма, используемая обычно для магматитов нормальной щелочности, используется как вспомогательная, так как калиевые и калиево-натриевые серии могут устанавливать разную дифференциацию, которая может соответствовать толеитовому и известково-щелочному трендам [13].

По типу щелочности породы большей частью принадлежат к натровой группе, что изображено на рисунке 5.2.2.3.



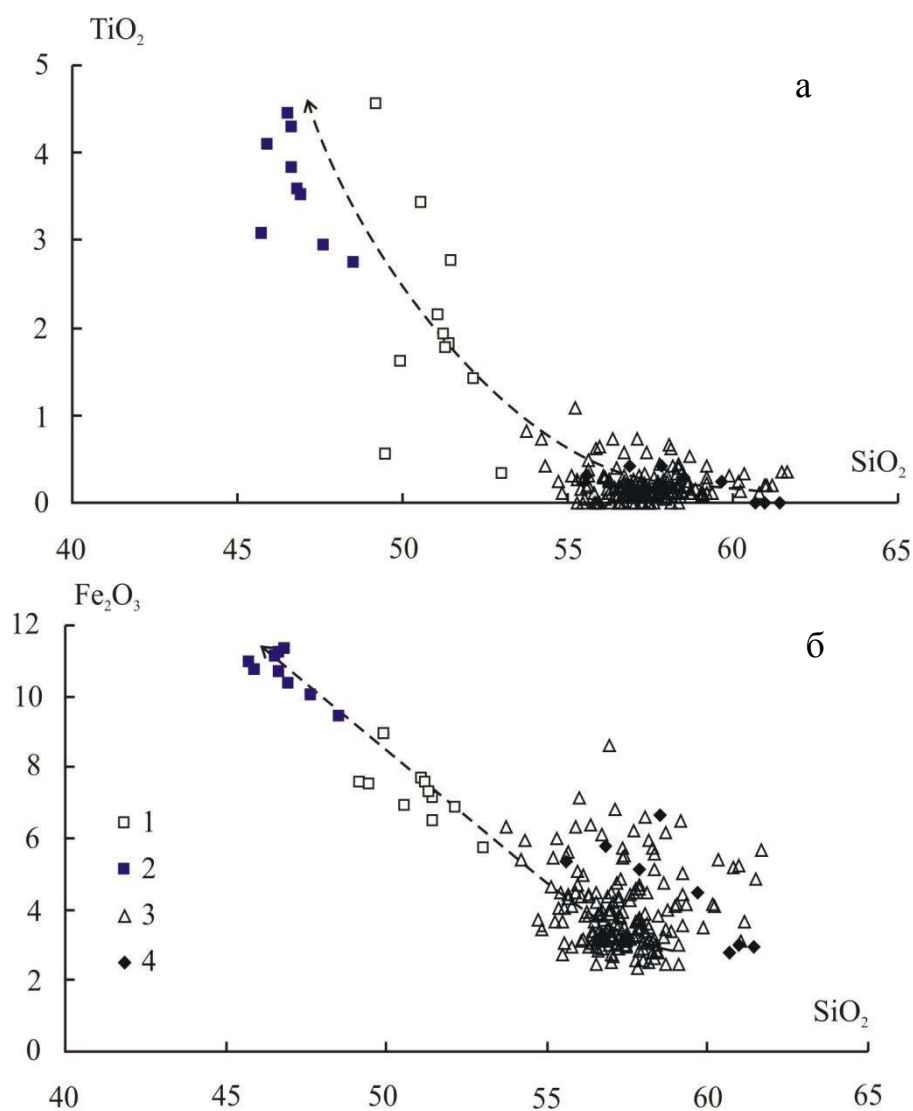
1-5 Породы интрузии по В. В. Терещенко: 1 - среднезернистый нефелиновый сиенит 2 - крупнозернистый нефелиновый сиенит
3 - пегматонный нефелиновый сиенит
4 - ювит 5 - пегматит

Рисунок 5.2.2.3 – Диаграмма Na_2O-K_2O

Породы, принадлежащие к калиевой группе, были обогащены калием в процессе выветривания.

Для оценки степени дифференцированности исходного магматического расплава были использованы бинарные диаграммы: $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, CaO-SiO_2 , MgO-SiO_2 .

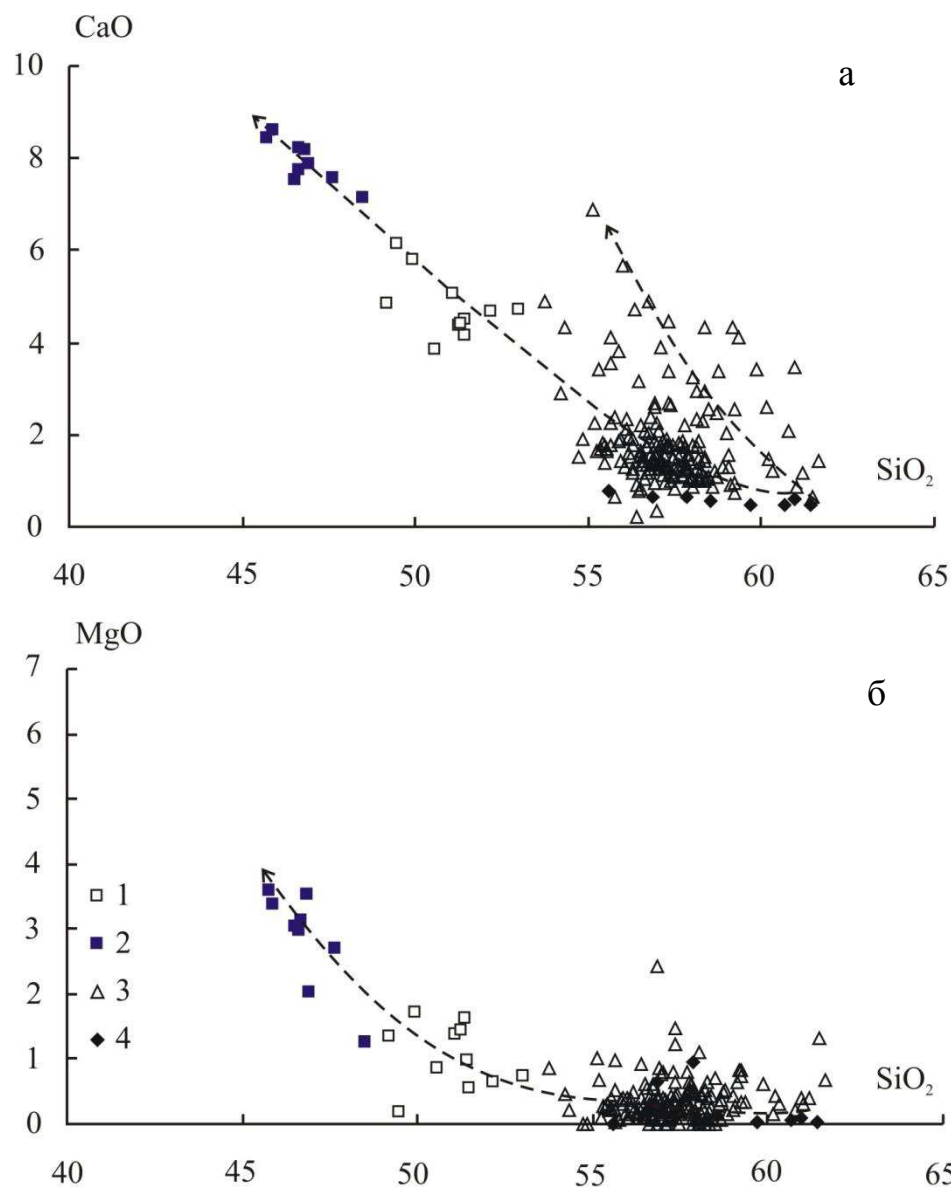
На диаграммах $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, изображенных на рисунке 5.2.2.4 отмечается повышение содержания оксидов титана и железа в ийолитах, в то время как фойяиты остаются без изменения.



1 – лейкойолиты, 2 – мезократовые ийолиты, 3 – фойяиты, 4 – фойяиты зоны выветривания;
Пунктиром со стрелкой показаны направления эволюции химизма пород массива.

Рисунок 5.2.2.4 – Бинарные диаграммы: а – $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$, б – $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

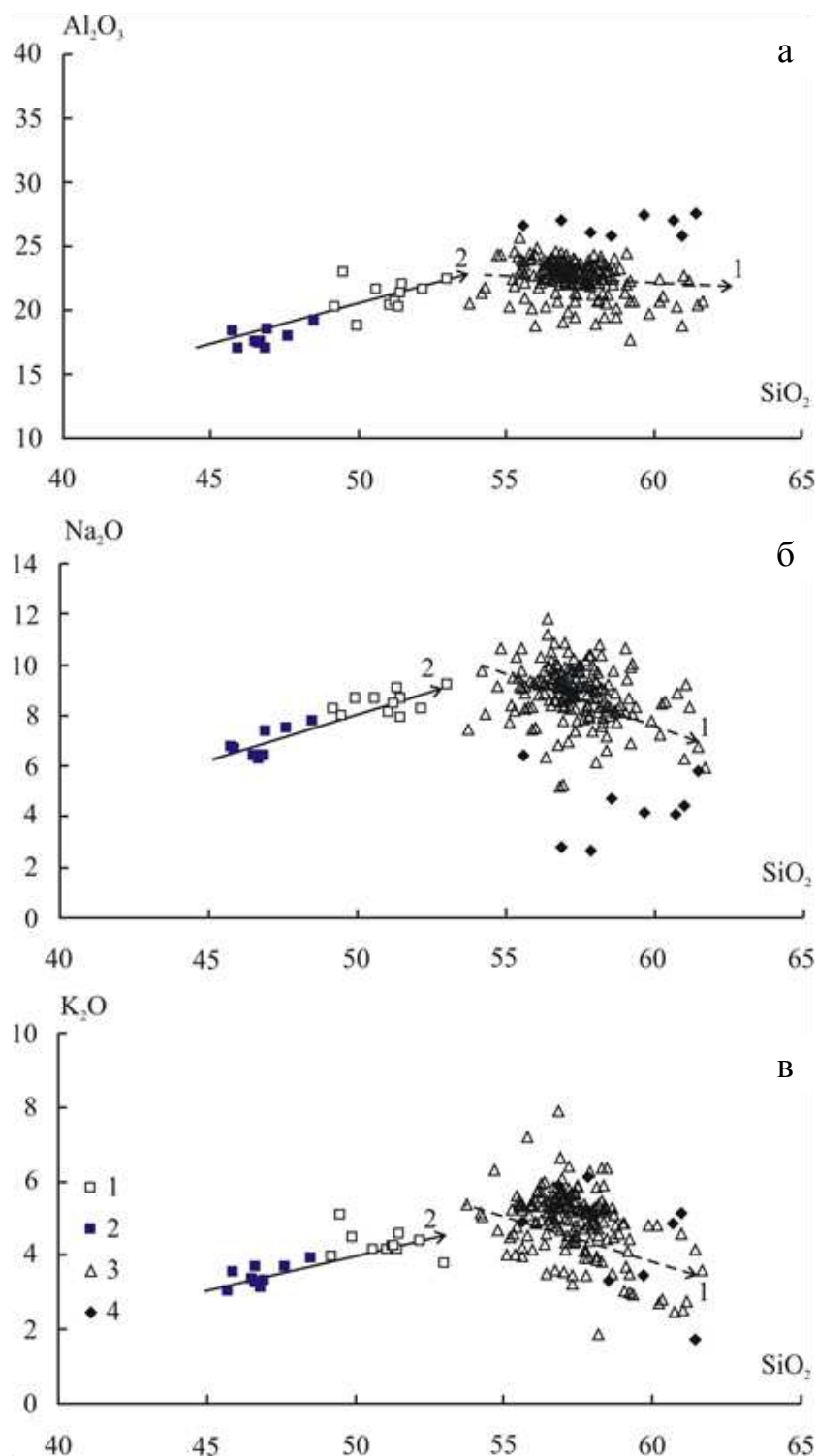
На диаграммах CaO-SiO_2 , MgO-SiO_2 , изображенных на рисунке 5.2.2.5 кроме повышения содержания оксидов титана и железа в ийолитах происходит расщепление вариационного тренда, что указывает на приоритет перитектической кристаллизации при формировании пород.



1 – лейкойолиты, 2 – мезократовые ийолиты, 3 – фойяиты, 4 – фойяиты зоны выветривания;
 Пунктиром со стрелкой показаны направления эволюции химизма пород массива.

Рисунок 5.2.2.5 – Бинарные диаграммы: а – CaO – SiO₂, б – MgO – SiO₂

Различные механизмы фракционной кристаллизации подтверждают распределение оксидов натрия и калия с кремнеземом и распределение Al₂O₃-SiO₂, изображенные на рисунке 5.2.2.6. По данным бинарным системам видно, что в ийолитах происходит накопление кремнезема и щелочей, а в фойяитах количество кремнезема также увеличивается, но происходит уменьшение количества щелочей.



1 – лейкойолиты, 2 – мезократовые ийолиты, 3 – фойяиты, 4 – фойяиты зоны выветривания;
 Направления эволюции химизма пород массива: 1 – фойяитов, 2 – ийолитов.

Рисунок 5.2.2.6 – Бинарные диаграммы: а – $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$, б – $\text{Na}_2\text{O} - \text{SiO}_2$, в – $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$

Из вышеописанного следует, что повышение концентрации оксидов магния, кальция, титана и понижение оксидов алюминия, натрия, калия происходило от фойяитов к ийолитам. Кристаллизационная дифференциация исходной магмы стала причиной неоднородности пород интрузии.

5.3 Абсолютный возраст интрузии

Существует несколько точек зрения о возрасте Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии, так как определение абсолютного возраста осложнено практически отсутствием коренных выходов пород массива. Определение абсолютного возраста было осуществлено Е.В. Свешниковой и А.В. Федоровой.

Согласно К-Аг методу, по материалам Е.В. Свешниковой, магматические образования датируются периодом 600-700 млн. лет, а жильные щелочные пегматиты имеют возраст 460-618 млн. лет. Ниже представлена таблица 5.3.1 с результатами определения абсолютного возраста минералов из щелочных пород массива по Е.В. Свешниковой [12].

Таблица 5.3.1 – Абсолютный возраст минералов из щелочных пород массива (Е. В. Свешникова, 1976)

Этап формирования щелочных пород	Горные породы	Минерал	К, %	Ar ⁴⁰ рад, НГ/г	Возраст, млн. лет
Магматический	Экзоконтактовый метаморфизованный известняк	Флогопит	7,86±0,06	457±6,8	708±28
	Ийолит	Нефелин	4,42±0,04	243±3,6	675±27
	Фойяит	Нефелин	3,23±0,04	169±2,5	662±25
Микроклин-пертит		5,40±0,05	230±3,4	545±22	
Микроклинизация	Микроклиннизированные нефелиновые сиениты вплоть до микроклинитов	Лепидомелан	6,51±0,05	368±5,1	660±26
		Микроклин+альбит	2,08±0,03	111±1,7	660±26
Пегматитовый	Фойяит-пегматит (жилы в массиве)	Нефелин	4,50±0,04	223±3,3	618±25
		Микроклин-пертит (+альбит)	6,26±0,06	219±3,3	460±18
	Сиенит-пегматит (жилы в известняках)	Микроклин (+альбит)	2,26±0,02	93,3±1,8	530±21
Альбитизация	Альбитизированный фойяит-пегматит	Астрофиллит	4,43±0,04	163±2,4	476±19
	Альбитизированный фойяит	Альбит+микроклин	0,50±0,1	168±2,5	440±50
	Арфведсонитовый альбит	Альбит	0,32±0,1	94±1,9	385±40

Возраста по микроклин-пертиту из фойяита и фойяит-пегматита не согласуются с возрастом микроклинизированных нефелиновых сиенитов, что говорит о невозможности их применения. Согласованные данные по абсолютному возрасту получены по нефелину.

Эти датировки также нельзя считать однозначными, так как изучение проводилось по одной разновидности пород или по какому-либо одному минералу в породах.

А.В. Федоровой для уточнения возраста Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии, а также для установления времени формирования мусковитовых сиенитов на масс-спектрометре «TRITON-TI» было проведено изучение пород рубидий-стронциевым и самарий-неодимовым методами.

Возраст интрузии, определенный разными методами, представлен в таблице 5.3.2.

При изучении самарий-неодимовых изотопных систем по фойяиту был получен возраст 680 ± 61 млн. лет (среднеквадратичное отклонение СКВО = 0,04).

Рубидий-стронциевым методом было получено несколько вариаций возраста. Возраст $678 \pm 7,9$ млн. лет (СКВО = 1,48) был определен по фойяиту, эгирину, альбиту и флюориту. По валовому составу фойяита возраст составил $676 \pm 6,5$ млн. лет (СКВО = 0,94), что указывает на то, что фойяиты являются самыми ранними интрузивными образованиями массива. При рассмотрении щелочного сиенит-пегматита был определен возраст $675 \pm 5,8$ млн. лет (СКВО = 0,94). Возраст ийолита, определенный по рубидий-стронциевой изохроне, построенной по точкам биотита, эгирина и валового состава породы, составил $611 \pm 7,2$ млн. лет (СКВО = 0,59). Мусковитовые сиениты согласно изохроне, которую рассчитали по валовому составу мусковитовых сиенитов и мусковиту, имеют возраст $627,2 \pm 7,6$ млн. лет и $632,8 \pm 7,5$ соответственно [13].

Таблица 5.3.2 – Абсолютный возраст Средне-Татарского массива

Породы	U-Pb метод	Pb-Pb метод	K-Ar метод	Sm-Nd метод	Rb-Sr метод
	700-711 млн. лет (В.А. Верниковский, 2003)	по циркону: 1,3 млрд. лет – реликтовый возраст, 750 млн. лет – начало выплавления комплекса на орогенном этапе (А.Д. Ножкин 1974)	600-700 млн. лет по породам 460-618 млн. лет по массиву (Е.В. Свешникова 1976)		
Фойяиты			662±25 млн. лет 545±22 млн. лет (Е.В. Свешникова 1976)	680±61 млн. лет 678±72 млн. лет (А.В. Федорова, 2012)	678±7,9 млн. лет 676±6,5 млн. лет (А.В. Федорова, 2012)
Мусковитовые сиениты					627,2±7,6 млн. лет 632,8±7,5 млн. лет 630±4,5 млн. лет (А.В. Федорова, 2012)
Ййолиты			675±27 млн. лет (Е.В. Свешникова 1976)		611±7,2 млн. лет (А.В. Федорова, 2012)
Сиенит-пегматит	эшинит, монацит – 550–570 млн. лет; циркон – 490 млн. лет (М. И. Волобуев 1964)		530±21 млн. лет (Е.В. Свешникова 1976)		675±5,8 млн. лет (А.В. Федорова, 2012)
Фойяит-пегматит			618±25 млн. лет 460±18 млн. лет (Е.В. Свешникова 1976)		

В отличие от калий-аргонового метода, рубидий-стронциевый метод демонстрирует, что фойяиты ($675 \pm 5,8$ млн. лет) образовались гораздо раньше ийолитов (610 ± 7 млн. лет). Мусковитовые сиениты сформировались не совместно с фойяитами, а позже их ($630 \pm 4,5$ млн. лет).

Возраст по фойяитам, полученный самарий-неодимовым методом, близок к возрасту, полученному рубидий-стронциевым методом. Это указывает на то, что фойяиты сформировались раньше ийолитов. Для окончательного подтверждения возраста, полученного рубидий-стронциевым методом, необходимо провести самарий-неодимовым методом исследование возраста мусковитовых сиенитов, ийолитов и щелочных пегматитов.

5.4 Петрологические выводы

Исходя из результатов петрографического и петрохимического исследований, а также обобщения данных по абсолютному возрасту пород, можно сделать следующие выводы:

1. Породы интрузии представлены нефелиновыми сиенитами (фойяитами, ювитами и мариуполитами), а также ультраосновными нефелиновыми породами (ийолитами и полевошпатовыми ийолитами). Жильные породы представлены светло-серыми сиенит-пегматитами массивной текстуры, крупнозернистой структуры с гипидиоморфозернистой микроструктурой.

2. Нефелиновые сиениты светло-серого цвета обладают массивной трахитоидной текстурой, среднезернистой и крупнозернистой структурой, агпаитовой, порфиroidной, пойкилитовой и дактилоскопической микроструктурой. Наличие нескольких генераций породообразующих минералов в нефелиновых сиенитах указывает на эволюцию магматического расплава в процессе кристаллизации. Широкое развитие альбита в нефелиновых сиенитах, вплоть до образования мариуполитов, вероятно, связано с натриевым метасоматозом. Ийолиты обладают массивной такситовой текстурой, мелкозернистой и среднезернистой структурой, гипидиоморфозернистой, пойкилитовой микроструктурой. В ийолитах количество включений темноцветных минералов в нефелине, альбите и микроклине больше, чем в нефелиновых сиенитах. Наличие полевошпатовых ийолитов среди меланократовых разностей, возможно, является результатом дифференциации магматического расплава при формировании этих пород.

3. При петрографическом исследовании пород интрузии нами охарактеризованы редкие минералы: виллиамит в пегматитах, вёлерит и рихтерит в нефелиновых сиенитах.

4. Породы контактового ореола сложены диопсид-доломитовыми скарнами и турмалинсодержащими роговиками. Диопсид-доломитовые скарны светло-серого цвета имеют массивную текстуру, мелкозернистую структуру, лепидонематогранобластовую микроструктуру. Турмалинсодержащие роговики серого цвета с массивной текстурой и тонкозернистой, мелкозернистой

структурой имеют пойкилобластовую микроструктуру с лепидобластовой основной тканью.

5. Петрохимическое исследование пород позволило подтвердить петрографические исследования. Помимо этого удалось установить, что их разнообразие связано с кристаллизационной эволюцией продуктов калий-натриевой щелочной серии.

6. Возраст, полученный рубидий-стронциевым методом, указывает на последовательность становления, отличающуюся от полученной ранее последовательности. Фойяиты ($675 \pm 5,8$ млн. лет) были образованы гораздо раньше ийолитов (610 ± 7 млн. лет). Возможно, ийолиты сформировались в результате ассимиляции карбонатных пород фойяитовой магмой. Возрастные датировки указывают на то, что Средне-Татарский массив является полихронным плутоном позднекембрийского возраста [13].

7. Формирование Средне-Татарского массива происходило при внедрении фойдитовых магм в условиях рассеянного рифтинга. Относительно слабая зрелость процессов континентального рифтинга прослеживается в том, что фойяиты обеднены рассеянными элементами относительно базальтов океанических островов (ОИВ). Уровень накопления редких элементов в ийолитах отражает соответствие продуктам внутриплитного магматизма на зрелой континентальной коре. Пространственная сопряженность и изотопное подобие ийолитов с фойяитами могут являться следствием частичного повторного плавления литосферной мантии, которая была эродирована и метасоматически изменена под воздействием инициального плюма [1].

6 Вторичные геохимические ореолы интрузии

Исходными данными для изучения вторичных геохимических полей явились результаты литохимической съемки, проведенной по сети 500×500 сотрудниками кафедры геологии, минералогии и петрографии (550 проб). Пробы были проанализированы на полуколичественный эмиссионный спектральный, сцинтилляционный, рентгенофлуорисцентный и спектрохимический анализы [13].

Для оценки фоновых и аномальных значений элементов во вторичных литохимических полях автором рассчитаны основные статистические параметры распределения элементов в породах, посчитаны коэффициенты концентрации, проведен корреляционный анализ и построены карты геохимических аномалий.

Основные параметры распределения элементов в рыхлых образованиях

Для оценки фоновых и аномальных значений элементов во вторичных литохимических полях были рассчитаны минимальное, максимальное и среднее геометрическое содержания, а также стандартное отклонение по исходным

данным. Расчёты производились в программе Microsoft Excel. Содержания элементов различаются в зависимости от разновидностей пород и метода, которым был проведен анализ. Основные статистические параметры и аномальные значения содержаний элементов в рыхлых отложениях приведены в таблице 6.1.

Коэффициенты концентрации

Расчет коэффициентов концентрации в известняках, сиенитах, фойюитах и ийолитах и построение гистограмм было выполнено в программе Microsoft Excel по формуле 6.1:

$$K_k = \frac{\bar{C}_1}{\bar{C}_k} \quad (6.1)$$

где \bar{C}_1 – среднее геометрическое содержание элемента в породе;

\bar{C}_k – кларк в почвах.

Если коэффициент концентрации ниже 0,9, то порода обеднена этим элементом, когда коэффициент концентрации выше 1,1 тогда порода обогащена этим элементом. Для анализа полученных данных были построены гистограммы.

Таблица 6.1 – Основные статистические параметры и аномальные значения содержаний элементов в рыхлых отложениях (спектральный и спектрохимический анализы)

	Pb	Cu	Zn	Co	V	Cr	Ni	Ti	Mn	Ga	Mo	Sn
Мин*	6,00	30,00	30,00	3,00	10,00	10,00	3,00	600,00	50,00	10,00	1,00	4,00
Макс*	50,00	40,00	400,00	15,00	80,00	350,00	40,00	4000,00	5000,00	80,00	15,00	15,00
Среднее*	14,69	30,24	81,16	9,54	61,69	43,87	21,53	1580,00	330,91	26,64	1,81	5,00
Ср.геом*	13,84	30,20	77,87	9,42	61,11	41,68	20,76	1544,71	294,01	24,97	1,68	4,87
Дисп*	0,02	0,00	0,01	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,04	0,02	0,03	0,01
Срлог*	1,14	1,48	1,89	0,97	1,79	1,62	1,32	3,19	2,47	1,40	0,22	0,69
Стандоткл*	0,14	0,02	0,12	0,07	0,06	0,14	0,12	0,09	0,21	0,15	0,16	0,09
Стмнож*	1,40	1,04	1,31	1,18	1,16	1,39	1,32	1,24	1,62	1,42	1,44	1,24
Са ₁	37,61	34,44	175,43	15,61	94,40	111,56	47,36	2944,65	1254,66	71,78	5,05	9,35
Са ₂	28,06	33,14	138,29	13,46	83,11	83,61	37,20	2437,63	820,27	52,69	3,66	7,72
Са ₃	24,64	32,58	124,46	12,61	78,55	73,59	33,42	2241,88	679,50	45,94	3,17	7,09
Са ₄	22,81	32,25	116,88	12,12	75,95	68,19	31,36	2132,75	607,36	42,34	2,91	6,75
Са ₅	21,64	32,03	111,97	11,81	74,23	64,74	30,02	2061,34	562,57	40,04	2,75	6,52
Са ₆	20,81	31,87	108,49	11,58	72,98	62,30	29,07	2010,17	531,65	38,43	2,63	6,35
Са ₇	20,19	31,74	105,85	11,40	72,03	60,47	28,35	1971,28	508,79	37,22	2,54	6,23
Са ₈	19,70	31,64	103,77	11,26	71,27	59,03	27,79	1940,47	491,09	36,27	2,48	6,13
Са ₉	19,31	31,56	102,08	11,15	70,64	57,87	27,33	1915,32	476,89	35,51	2,42	6,05

Окончание таблицы 6.1

	Ba	Be	Sr	Zr	Nb	B	P	Ag	Y	La	Au	Pt
Мин*	150,00	2,50	40,00	40,00	12,50	7,50	500,00	0,25	15,00	125,00	0,01	0,005
Макс*	500,00	50,00	100,00	1000,00	80,00	40,00	1000,00	1,50	100,00	600,00	1	1
Среднее*	158,91	4,41	41,89	48,71	14,05	9,01	525,09	0,32	20,68	138,73	0,12	0,06
Ср.геом*	155,40	3,38	41,30	44,13	13,32	8,23	521,98	0,29	18,57	132,09	0,09	0,02
Дисп*	0,01	0,07	0,00	0,02	0,01	0,02	0,00	0,25	0,03	0,01	0,09	0,45
Срлог*	2,19	0,53	1,62	1,64	1,12	0,92	2,72	-1,537	1,27	2,12	-1,06	-1,72
Стандоткл*	0,08	0,26	0,07	0,14	0,11	0,15	0,04	0,157	0,18	0,11	0,30	0,67
Стмнож*	1,20	1,84	1,16	1,38	1,29	1,42	1,11	1,436	1,51	1,29	2,00	4,66
Са ₁	266,00	20,94	64,83	116,40	28,91	23,31	711,36	0,86	63,38	281,78	0,70	1,91
Са ₂	227,26	12,28	56,81	87,61	23,04	17,18	649,70	0,63	44,24	225,70	0,38	0,49
Са ₃	211,95	9,69	53,58	77,25	20,84	15,01	624,12	0,54	37,72	204,57	0,29	0,27
Са ₄	203,32	8,42	51,74	71,67	19,62	13,85	609,36	0,50	34,31	192,93	0,25	0,19
Са ₅	197,63	7,64	50,52	68,09	18,84	13,11	599,48	0,47	32,15	185,36	0,22	0,15
Са ₆	193,53	7,12	49,64	65,56	18,28	12,58	592,29	0,45	30,65	179,97	0,20	0,12
Са ₇	190,41	6,74	48,97	63,67	17,85	12,19	586,77	0,44	29,53	175,89	0,19	0,11
Са ₈	187,93	6,44	48,43	62,18	17,52	11,89	582,35	0,43	28,66	172,67	0,18	0,10
Са ₉	185,90	6,21	47,99	60,97	17,25	11,64	578,71	0,42	27,96	170,04	0,18	0,09

* Мин – минимальное содержание, Макс – максимальное содержание, Среднее – среднее арифметическое содержание, Ср.геом – среднее геометрическое содержание, Дисп – дисперсия, Срлог – среднее логарифмическое содержание, Стандоткл – стандартное отклонение, Стмнож – стандартный множитель. Содержания в г/т.

Наибольший размах характерен для золота и платины. Максимальные содержания золота и платины, полученные в результате спектрохимического анализа проб, достигают 1 г/т.

На рисунках 6.1 и 6.2 приведены гистограммы, по которым видно какими элементами обогащены известняки и магматические породы по сравнению с кларком этих элементов в рыхлых отложениях [2,3,4,5,6,7]. В скобках указано каким методом получены содержания этих элементов: спек – спектральный полуколичественный, рфа – рентгенофлуорисцентный, ссц – сцинтилляционный, спх – спектрохимический.



Рисунок 6.1 – Гистограмма коэффициентов концентрации элементов в известняках по сравнению с кларками в почвах

Известняки обогащены Ni, Cu, Co, Ga, Nb (спек) по сравнению с кларками в почвах.



Рисунок 6.2 – Гистограмма коэффициентов концентрации элементов в магматических породах по сравнению с кларками в рыхлых образованиях

Магматические породы обогащены Ni, La, Au по сравнению с кларками в почвах, а обеднены Au, Ag, As, Pt, Pd (ссц), Ti, Mn, Ba, Be, Sr, Zr, В (спек).

На рисунке 6.3 в логарифмическом масштабе представлена гистограмма коэффициентов концентрации элементов на которой видно какими элементами обогащены известняки по сравнению с магматическими породами над рыхлыми образованиями.

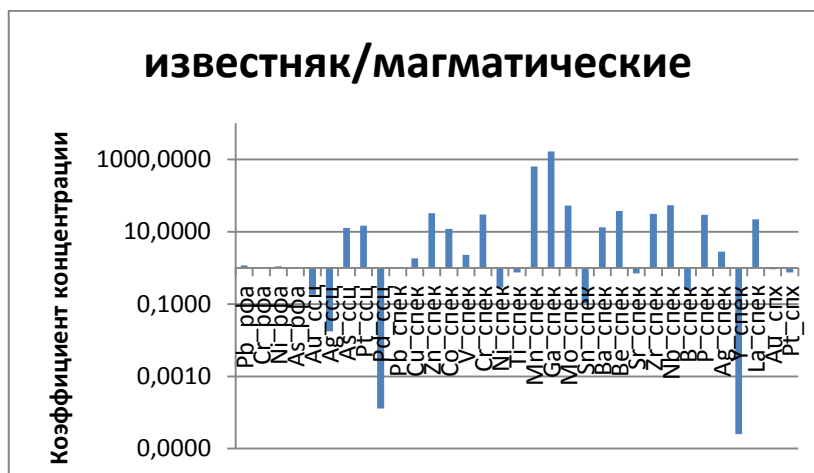


Рисунок 6.3 – Гистограмма коэффициентов концентрации элементов в известняке по сравнению с магматическими породами

По сравнению с магматическими породами известняки обогащены As и Pt (ссц), Zn, Co, Cr, Mn, Ga, Mo, Ba, Be, Zr, Nb, P, La (спек).

Обеднены известняки Ag и Pd (ссц) и Y (спек).

Помимо этого сравнивались между собой магматические породы, преобладающие в интрузии, а именно ийолиты с фойяитами. Гистограмма коэффициентов концентрации элементов в ийолите по сравнению с фойяитом представлена на рисунке 6.4.

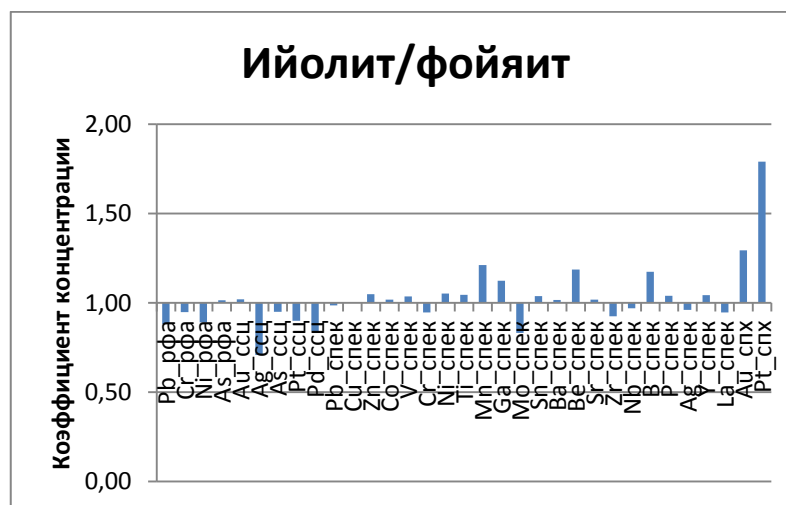


Рисунок 6.4 – Гистограмма коэффициентов концентрации элементов в ийолите по сравнению с фойяитом

На гистограмме 6.4 хорошо видно, что ийолиты обогащены платиной и золотом (спх), обеднены серебром (ссц).

Корреляционный анализ

Расчет коэффициентов корреляции по всему массиву был выполнен в программе Microsoft Excel с помощью пакета анализа.

Функцией КОРРЕЛЛ была проведена корреляция между содержаниями Pb и Cr, полученными рентгенофлюорисцентным анализом и содержаниями этих элементов, полученными спектральным анализом. Корреляционная связь между свинцом оказалась незначимой (0,1), а между хромом оказалась средней (0,58). Это указывает на то, что данные анализы являются невалидными. Исходя из чего, в дальнейшем рассматриваются данные по спектральному и спектрохимическому анализу.

В таблице 6.2 приведены коэффициенты корреляции элементов по всему массиву данных. Критическое значение коэффициента корреляции элементов во всем массиве при уровне значимости $\alpha = 0,05$ равно 0,19.

Таблица 6.2 – Коэффициенты корреляции элементов по магматическим породам над рыхлыми образованиями

	Au_ссц	Ag_ссц	Pt_ссц	Pd_ссц	Pb_спек	Cu_спек	Zn_спек
Au_ссц	1,00						
Ag_ссц	0,03	1,00					
Pt_ссц	-0,01	0,01	1,00				
Pd_ссц	0,04	-0,01	0,07	1,00			
Pb_спек	0,22	-0,02	-0,05	-0,03	1,00		
Cu_спек	-0,04	-0,03	-0,01	-0,01	-0,01	1,00	
Zn_спек	0,16	0,00	-0,02	-0,03	0,37	-0,01	1,00
Co_спек	-0,24	-0,02	0,06	-0,05	-0,16	0,05	-0,27
V_спек	-0,14	-0,06	-0,03	-0,01	0,13	0,04	-0,09
Cr_спек	-0,05	0,05	0,01	0,03	-0,13	0,04	-0,04
Ni_спек	-0,11	0,03	-0,03	-0,01	0,07	0,19	-0,14
Ti_спек	-0,14	0,04	-0,05	-0,07	0,08	0,05	0,08
Mn_спек	0,07	-0,08	-0,08	-0,04	0,32	-0,07	0,37
Ga_спек	0,18	-0,08	0,05	-0,02	0,31	0,12	0,23
Mo_спек	0,09	0,00	-0,01	0,00	-0,11	0,00	-0,10
Sn_спек	0,16	-0,03	-0,01	0,00	0,20	-0,05	0,35
Ba_спек	0,02	0,02	0,03	-0,02	0,06	0,07	0,05
Be_спек	0,21	-0,04	0,04	-0,02	0,33	-0,06	0,39
Sr_спек	-0,01	-0,01	-0,05	-0,02	0,12	0,03	-0,08
Zr_спек	0,03	-0,01	-0,02	-0,01	0,05	-0,03	0,02
Nb_спек	0,34	0,00	0,01	-0,01	0,24	-0,01	0,30
B_спек	-0,01	-0,04	0,07	-0,01	-0,06	0,25	0,12
P_спек	-0,03	0,09	0,04	-0,01	0,18	-0,02	0,25
Ag_спек	0,01	0,05	-0,01	-0,01	0,01	0,12	-0,02
Y_спек	0,10	-0,04	-0,03	-0,02	0,16	0,02	-0,02
La_спек	0,14	-0,01	-0,02	-0,01	0,12	-0,03	0,03
Au_спх	-0,01	-0,02	-0,05	-0,01	-0,11	0,15	0,03
Pt_спх	-0,04	-0,09	-0,02	-0,01	0,04	0,07	0,10

Продолжение таблицы 6.2

	Co_спек	V_спек	Cr_спек	Ni_спек	Ti_спек	Mn_спек	Ga_спек
Au_ссц							
Ag_ссц							
Pt_ссц							
Pd_ссц							
Pb_спек							
Cu_спек							
Zn_спек							
Co_спек	1,00						
V_спек	0,33	1,00					
Cr_спек	0,02	0,13	1,00				
Ni_спек	0,30	0,25	0,19	1,00			
Ti_спек	0,07	0,27	0,24	0,16	1,00		
Mn_спек	-0,12	0,05	-0,12	-0,23	0,18	1,00	
Ga_спек	0,03	0,01	-0,25	0,20	-0,08	0,18	1,00
Mo_спек	0,04	-0,07	-0,06	-0,14	-0,18	-0,20	-0,12
Sn_спек	-0,04	0,30	-0,06	-0,26	0,14	0,43	0,24
Ba_спек	-0,04	-0,06	-0,12	-0,06	0,14	0,23	0,11
Be_спек	-0,20	-0,10	-0,22	-0,16	-0,01	0,47	0,31
Sr_спек	0,03	0,04	-0,16	-0,10	0,03	0,14	0,09
Zr_спек	0,00	0,07	-0,02	-0,04	0,38	0,01	0,03
Nb_спек	-0,18	-0,03	-0,11	-0,15	-0,02	0,19	0,12
B_спек	0,09	-0,05	-0,03	0,38	-0,05	-0,04	0,61
P_спек	-0,01	0,21	-0,06	-0,14	0,14	0,30	0,03
Ag_спек	0,09	0,03	-0,05	0,18	-0,04	-0,08	0,19
Y_спек	-0,04	-0,01	-0,09	0,01	-0,04	0,27	0,18
La_спек	-0,12	-0,13	-0,09	-0,12	-0,11	0,22	0,13
Au_спх	0,06	0,10	0,08	0,04	-0,02	0,05	0,13
Pt_спх	-0,02	0,05	-0,02	0,08	0,05	0,10	0,26

Продолжение таблицы 6.2

	Mo_спек	Sn_спек	Ba_спек	Be_спек	Sr_спек	Zr_спек	Nb_спек
Au_ссц							
Ag_ссц							
Pt_ссц							
Pd_ссц							
Pb_спек							
Cu_спек							
Zn_спек							
Co_спек							
V_спек							
Cr_спек							
Ni_спек							
Ti_спек							
Mn_спек							
Ga_спек							
Mo_спек	1,00						
Sn_спек	0,06	1,00					
Ba_спек	-0,09	0,02	1,00				
Be_спек	-0,07	0,32	0,34	1,00			
Sr_спек	-0,06	0,02	0,43	0,19	1,00		
Zr_спек	0,02	0,05	0,22	0,07	0,19	1,00	
Nb_спек	0,05	0,24	0,05	0,39	-0,03	0,10	1,00
B_спек	-0,22	-0,06	0,05	0,18	-0,05	-0,04	-0,01
P_спек	-0,05	0,45	0,07	0,31	-0,02	-0,04	0,15
Ag_спек	0,11	-0,06	0,07	-0,05	-0,02	-0,01	-0,02
Y_спек	-0,04	0,10	0,12	0,41	0,26	0,04	0,20
La_спек	-0,01	0,09	-0,04	0,43	0,21	0,05	0,20
Au_спх	-0,11	0,14	-0,05	-0,05	-0,01	-0,04	-0,04
Pt_спх	-0,19	0,09	0,03	0,09	0,04	-0,01	-0,02

Окончание таблицы 6.2

	В_спек	P_спек	Ag_спек	Y_спек	La_спек	Au_спх	Pt_спх
Au_ссц							
Ag_ссц							
Pt_ссц							
Pd_ссц							
Pb_спек							
Cu_спек							
Zn_спек							
Co_спек							
V_спек							
Cr_спек							
Ni_спек							
Ti_спек							
Mn_спек							
Ga_спек							
Mo_спек							
Sn_спек							
Ba_спек							
Be_спек							
Sr_спек							
Zr_спек							
Nb_спек							
В_спек	1,00						
P_спек	0,02	1,00					
Ag_спек	0,20	-0,08	1,00				
Y_спек	0,07	0,06	-0,04	1,00			
La_спек	0,06	0,01	-0,04	0,60	1,00		
Au_спх	0,18	0,00	0,05	0,05	0,04	1,00	
Pt_спх	0,25	0,04	0,08	0,10	0,05	0,47	1,00

Слабая положительная корреляционная связь проявляется между V и Co, Ga и Pb, Sn и Zn, Be и Zn, Be и Ba, Zr и Ti, В и Ni, Be и Mn, Sr и Ba, Nb (спектр) и Au (ссц), Pt и Au (спх), P и Be, Y и Be, Y и Sr, La и Be, Sn и P, Ni и Co, Mn и Pb, Mn и Zn, Sn и V, Sn и Mn, P и Mn, Ga и Be, Be и Nb.

Средняя положительная связь наблюдается между В и Ga, La и Y.

Для графического представления корреляционной связи между элементами в программе STATISTICA была построена дендрограмма, представленная на рисунке 6.4.

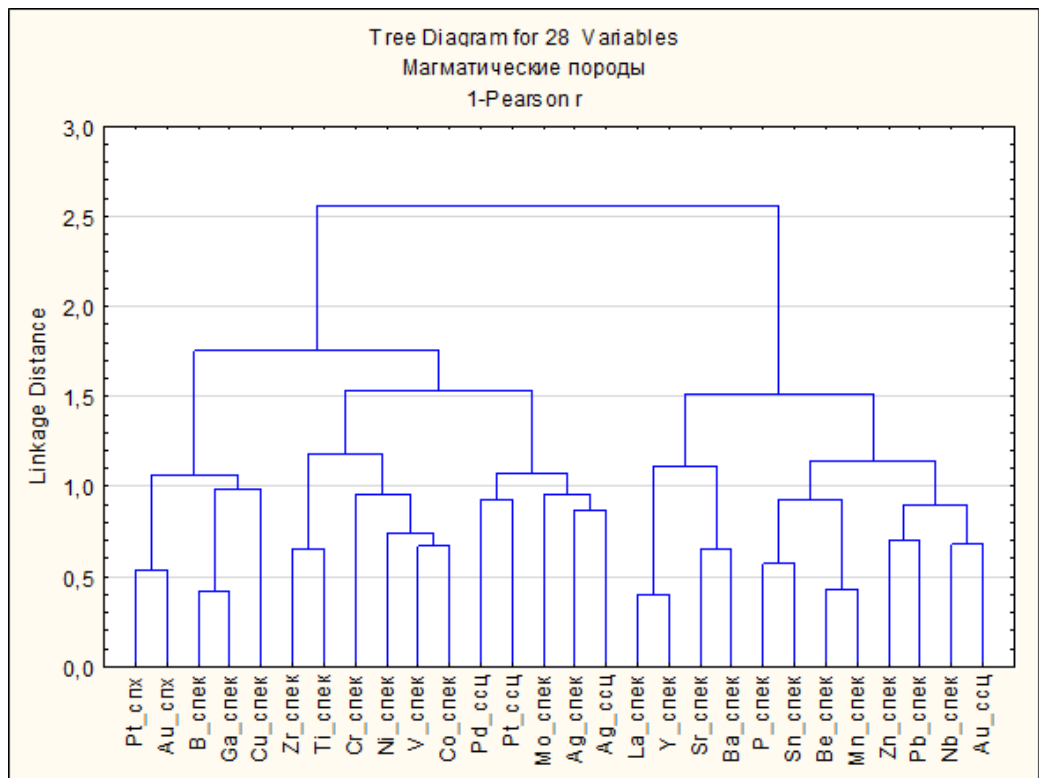


Рисунок 6.4 – Корреляционная дендрограмма в рыхлых образованиях над магматическими породами

Критическое значение коэффициента корреляции хорошо прослеживается на графике «каменистой осыпи», построенном в программе STATISTICA и изображенном на рисунке 6.5.

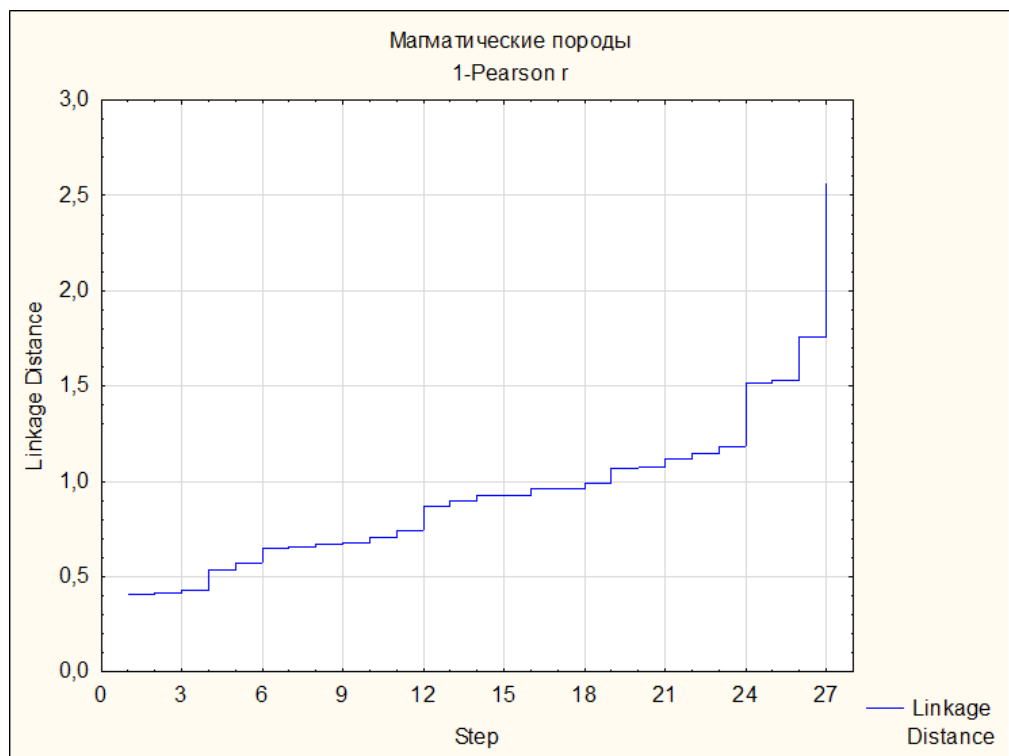


Рисунок 6.5 – График «каменистой осыпи» для массива

На отметке 1,8 расстояния связи (Linkage Distance) наблюдается переход ступенчатого графика в вертикальную прямую, что отражает критическое значение коэффициента корреляции на дендрограмме в рыхлых образованиях над магматическими породами.

Можно утверждать, что наблюдаются положительные связи между рядами благороднометалльных (Au, Pt, Ag, Pd), редкоземельных (La и Y) и редкометалльных (Nb, Be, Sr) элементов в пределах Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.

Изучение сходства и различия между вмещающими и магматическими породами рыхлых образований осуществлялись на основе метода оценки сходства-различия путем расчета коэффициента корреляции между корреляционными матрицами изучаемых отложений. Рассчитанный коэффициент корреляции составил 0,55, что свидетельствует об их различии, так как сильная корреляционная связь начинается от 0,7.

Оконтуривание вторичных ореолов рассеивания

По расчетным аномальным значениям, представленным в таблице 6.1, в программе Surfer 9 были построены и наложены на геологическую основу карты Au, Pt, Ag, Be, Ga, La, Nb, Y, Zr. При построении карт геохимических аномалий был использован метод Кригинга с заданными параметрами эллипса поиска: $R_1=1500$, $R_2=150$, угол 90° . Также было применено бланкирование областей, на которых не было проведено пробоотбора. Карты аномальных изоконцентрат представлены в приложении Д.

На карте геохимических аномалий *золота*, изображенной на рисунке 1, наблюдаемые аномалии вытянуты в субширотном направлении. Аномальное содержание золота выше 0,7 г/т приурочено к фойяитам. Аномальные содержания от 0,38 до 0,7 г/т наблюдается в фойяитах и ийолитах Средне-Татарского массива в его западной, центральной и восточной частях.

Вторичные геохимические аномалии *платины* представлены на рисунке 2. Аномалии с содержанием от 0,11 до 0,27 г/т вытянуты в субширотном направлении и приурочены к фойяитам и ийолитам. Наибольшее распространение имеют в зоне ийолитов. Помимо этого аномалии отмечаются на контакте фойяитов и известняков.

Рассмотрим карту геохимических аномалий *серебра*, представленную на рисунке 3. Аномалии сосредоточены преимущественно в юго-восточной части Средне-Татарского массива и приурочены к ийолитам. Распространены аномалии с содержанием серебра от 0,54 до 0,63 г/т.

Аномальное геохимическое поле *лантана* представлено на рисунке 4. Крупная аномалия с содержанием лантана более 281,78 г/т находится на западе карты на контакте фойяитов и известняков. В центральной и южной части интрузии наблюдаются небольшие аномалии овальной формы, имеющие субширотное простирание с содержанием лантана более 281,78 г/т, приуроченные к ийолитам.

На карте геохимических аномалий *иттрия*, изображенной на рисунке 5, аномалии имеют преимущественно субширотное простирание. Наиболее крупная аномалия с содержанием фосфора более 63,38 г/т находится в центральной части массива и приурочена к ийолитам.

На карте геохимических аномалий *ниобия*, представленной на рисунке 6, наблюдается несколько геохимических аномалий с содержанием ниобия более 28,91 г/т. Наиболее крупная из них находится в северо-западной части интрузии и приурочена к фойяитам. В северной части интрузии наблюдается две аномалии с содержанием ниобия более 28,91 г/т и несколько аномалий с содержанием ниобия от 23,04 до 28,91 г/т, приуроченные к фойяитам. Также несколько аномалий, находящихся на северо-западе массива приурочены к ийолитам. В одной из них содержание ниобия превышает 28,91 г/т, в трех других находится в пределах от 20,84 до 23,04 г/т. Две аномалии с содержанием ниобия более 28,91 г/т находятся в западной части карты, выходят за пределы массива и приурочены к известнякам.

Вторичные геохимические аномалии *бериллия* представленные на рисунке 7, имеют неправильную форму. Крупная аномалия с содержанием бериллия от 12,28 до 20,94 г/т расположена в южной части массива и приурочена к ийолитам. В западной и северо-западной части массива наблюдаются аномалии с содержанием бериллия от 8,42 до 12,28 г/т, которые находятся на контакте фойяитов и ийолитов, преимущественно в зоне распространения фойяитов.

Карта геохимических аномалий *галлия*, представленная на рисунке 8, схожа с картой бериллия, имеет овальную форму, вытянутую в субмеридиональном направлении. Она расположена в юго-восточной части Средне-Татарского массива и приурочена к ийолитам. Содержание галлия в ней более 45,94 г/т.

На карте геохимических аномалий *циркония*, изображенной на рисунке 9, отображена аномалия неправильной формы, вытянутая в субширотном направлении с содержанием циркония более 116,4 г/т, находящаяся в северной части массива на контакте фойяитов и известняков. Помимо этого в юго-западной части карты наблюдается несколько небольших аномалий с содержанием цинка от 87,61 до 116,4 г/т, приуроченных к известнякам.

Исходя из отстроенных карт изоконцентрат явную схожесть по расположению имеют бериллий и ниобий в западной части карты, северо-западной части массива на контакте ийолитов и фойяитов.

Благороднометальная минерализация (Au, Ag, Pt) наблюдается в юго-восточной части интрузии и приурочена к ийолитам и фойяитам.

Редкоземельная минерализация (Y, La) выявленная в центральной части интрузии приурочена к ийолитам, выявленная в западной части карты к контакту фойяитов и известняков.

Редкометальная минерализация (Nb, Ga, Zr, Be) отмечается в северной, северо-западной и центральной части Средне-Татарского массива и находится

на контакте фойяитов и известняков, а также на контакте фойяитов с ийолитами.

Из всего вышесказанного следует, что рыхлые образования над материнскими известняками обогащены Ni, Cu, Co, Ga, Nb (спек) относительно кларка в почвах. Рыхлые образования Средне-Татарского массива обогащены Ni, La, Au (до 0,09 г/т), обеднены Ag, As, Pd (сцц), Ti, Mn, Ba, Be, Sr, Zr, В (спек).

В результате проведения корреляционного анализа выявлено различие между рыхлыми образованиями вмещающих пород и массива. Отмечены положительные связи между рядами благороднометаллических (Pt, Ag, Pd), редкоземельных (La и Y) и редкометаллических (Sr, Zr) элементов в пределах Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.

Проведенная обработка данных литохимической съемки показала наличие аномалий золота, платины, серебра, лантана, иттрия, ниобия, бериллия, галлия, циркония, что позволяет рассматривать массив в качестве перспективного для дальнейшего изучения на редкоземельную, редкометаллическую и благородную минерализацию.

Заключение

По результатам проведенных работ можно сделать следующие выводы:

1. Площадь массива сложена темно-серыми ийолитами и светло-серыми фойяитами. В меньшем количестве отмечаются ювиты и мариуполиты. В нефелиновых сиенитах отмечаются зерна рихтерита и вёлерита. Жильные породы представлены сиенит-пегматитами с редким минералом виллиамитом. Породы контактного ореола сложены турмалинсодержащими роговиками. Ксенолиты известняков, подвергшиеся скарнированию образуют диопсид-доломитовые скарны. На эволюцию магматического расплава в процессе кристаллизации указывают несколько генераций породообразующих минералов с различными формами выделения и их взаимным прорастанием.

2. При формировании пород осуществлялась дифференциация магматического расплава, так как отмечается наличие полевошпатовых ийолитов среди ийолитов. Помимо этого в ийолитах количество темноцветных минералов выше, чем в фойяитах, следовательно, при формировании ийолитов происходило отделение темноцветов, а при формировании фойяитов реакционная кристаллизация полевого шпата и фельдшпатоидов.

3. Согласно рубидий-стронциевому методу фойяиты ($675 \pm 5,8$ млн. лет) образовались раньше ийолитов (610 ± 7 млн. лет). Данные по фойяитам подтверждены самарий-неодимовым методом. Для окончательного подтверждения возраста массива необходимо провести анализ всех пород массива данным методом.

4. Формирование Средне-Татарского массива могло происходить в условиях рассеянного рифтинга и внедрения мантийных фойдовых магм. На это указывает позднее образование ийолитов относительно фойяитов, обогащенность ийолитов редкими элементами, пространственная сопряженность и изотопное сходство с фойяитами.

5. В пределах Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии выявлены вторичные ореолы благороднометальной (Pt, Ag, Pd), редкоземельной (La и Y) и редкометальной (Sr, Zr) минерализации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

Ab	– альбит
Ac	– актинолит
Aeg	– эгирин
Aeg-av	–эгирин-авгит
Ap	– апатит
Bt	– биотит
Can	– канкринит
Do	– доломит
Dp	– диопсид
Ep	– эпидот
Eu	– эвдиалит
Fl	– флюорит
Mel	– маланит
Mic	– микроклин
Mic-per	– микроклин-пертит
Miz	– мицзонит
Ne	– нефелин
Rih	– рихтерит
Ser	– серпентин
Tit	– титанит
Vel	– вёлерит
Vil	– виллиамит
PM	– рудный минерал

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Опубликованная литература

1. Врублевский В. В. Геохронологические рубежи и геодинамическая интерпретация щелочно-базитового магматизма Кузнецкого Алатау / В. В. Врублевский, И. Ф. Гертнер, А. Г. Владимиров, С. Н. Руднев, С. М. Борисов, О. А. Левченков, Д. Н. Войтенко // Докл. РАН. – 2004. – Т. 398, № 3. – С. 374–378.
2. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: справочник. В 6 кн. Кн. 1. S-элементы / В. В. Иванов; под ред. Э. К. Буренкова. – М.: Недра, 1994. – 304 с.
3. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: справочник. В 6 кн. Кн. 2. Главные р-элементы / В. В. Иванов; под ред. Э. К. Буренкова. – М.: Недра, 1995. – 303 с.
4. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: справочник. В 6 кн. Кн. 3. Редкие р-элементы / В. В. Иванов; под ред. Э. К. Буренкова. – М.: Недра, 1996. – 352 с.
5. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: справочник. В 6 кн. Кн. 4. Главные d-элементы / В. В. Иванов; под ред. Э. К. Буренкова. – М.: Недра, 1996. – 416 с.
6. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: справочник. В 6 кн. Кн. 5. Редкие d-элементы / В. В. Иванов; под ред. Э. К. Буренкова. – М.: Недра, 1995. – 576 с.
7. Иванов В. В. Экологическая геохимия элементов: справочник. В 6 кн. Кн. 6. f-элементы / В. В. Иванов; под ред. Э. К. Буренкова. – М.: Недра, 1997. – 607 с.
8. Магматические горные породы. В 6 т. Т. 2: / Е. Д. Андреева, В. А. Кононова, Е. В. Свешникова, Р. М. Яшина; под общ. ред. О. А. Богатикова. – М.: Наука, 1984. – 416 с.
9. Магматические горные породы. В 6 т. Т. 6. Эволюция магматизма в истории Земли / под ред. В. И. Коваленко. – М.: Наука, 1987. – 439 с.
10. Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования. Издание второе, переработанное и дополненное. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. – 200 с.
11. Сазонов А. М. Петрография магматических пород: учеб. пособие / А. М. Сазонов. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2014. – 292 с.
12. Свешникова, Е. В. Заангарский щелочной массив, его породы и минералы / Е. В. Свешникова, Е. И. Семенов, А. М. Хомяков. – М.: Наука, 1976. – 80 с.
13. Федорова А. В., Петрология ийолит-фойяитовой интрузии в Енисейском кряже: монография / А. В. Федорова, А. М. Сазонов – М.: Издательский дом «Экономическая газета», 2012. – 172 с.

Фондовая литература

14. Ладынин А.А. Составление сводной геохимической карты Заангарской части Енисейского кряжа масштаба 1:50000 – Красноярск, 2001.

15. Лапшин М. М. Отчет о геологической съемке масштаба 1:50000, геологическом доизучении масштаба 1:50000, глубинном геологическом картировании масштаба 1:50000 и общим поискам свинцовых руд в районе Горевского месторождения (Горевская площадь), проведенной Западной партией в 1983–90 гг. В 3 кн. – Мотыгино, 1990.

16. Романов А. П., Оценка перспектив рудоносности ультрабазит-базитовых комплексов юга Красноярского края / Романов А. П., Чернышов А. И., Сазонов А. М. – Красноярск, КНИИГиМС, 2004.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Геологическая карта Горевского горнорудного района

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Литолого-петрографическая схема геологического строения Средне-Татарского массива

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Петрография Средне-Татарской интрузии

Продолжение приложения В

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Литолого-петрографическая схема геологического строения Средне-Татарского массива с диаграммами состава пород

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Карты геохимических аномалий

Федеральное государственное
Автономное образовательное учреждение
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологии

РЕЦЕНЗИЯ

ВЫПУСКОНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

В форме дипломной работы

Студента: Н.О. Комлевой группа ГГ 14-05 МГП

Тема дипломной работы: Геологическое строение, петрография и петрология Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии.

1. Актуальность

Выбранная тема актуальна для изучения слабо разработанных вопросов геология, петрологии и рудоносности Средне-Татарского щелочного массива.

Она обусловлена необходимостью комплексного изучения щелочного массива перспективного на выявление как типоморфного для данных образований промышленного глиноземистого, редкометального и редкоземельного, так и экзотического благороднометального оруденения.

2. Оригинальность и глубина проработки разделов работы

В дипломной работе проанализированы геологические, петрологические и геохимические данные по щелочным породам Средне-Татарского массива. На основе всестороннего комплексного анализа данных по вещественному составу щелочных пород автором сделаны обоснованные выводы. Вопросы, решаемые в дипломной работе, освещены достаточно полно на основе имеющихся материалов, сформулированы спорные и нерешенные вопросы и указаны пути их решения.

3. Общая грамотность и качество оформления записки

Структура дипломной работы соответствует поставленным геологическим задачам и в целом отвечает требованиям, предъявляемым к квалификационным работам.

Вопросы, решаемые в дипломной работе, освещены достаточно полно на основе имеющегося фактического материала.

Компоновка материалов по разделам логична. Текстовая часть работы написана достаточно грамотно. Текст работы насыщен необходимым количеством иллюстраций (микрофотографии шлифов) и петрохимических диаграмм, необходимых для анализа и обоснования сделанных выводов.

Текст работы легко читается, выводы сделанные автором логичны, что свидетельствуют о подготовленности автора к самостоятельному решению практических задач.

Графические приложения хорошего качества и по набору достаточны для раскрытия темы дипломной работы.

4. Вопросы и замечания

Учитывая наличие дискуссионного вопроса о фазовом составе массива и последовательности внедрения необходимо привести геологические данные о взаи-

моотношениях ийолитов с фойяитами. Эти данные в определении последовательности внедрения пород являются определяющими.

В подразделе «Полезные ископаемые» при описании месторождения алюминия необходимо привести данные по запасам, содержаниям полезных компонентов, морфологии и параметрам рудных тел, так же необходимо привести информацию о параметрах оруденения проявлений вольфрама, ниобия, редких земель и марганца

С петрохимических диаграмм рекомендуется убрать анализы выветрелых пород, как не информативные.

Можно рекомендовать проиллюстрировать эволюцию химических составов минералов на диаграммах.

По данным геохимической съемки необходимо было провести оценку прогнозных ресурсов.

Дипломная работа объемом 82 стр., состоит из Введения, Заключение и 6 разделов, в нее входит 5 графических приложений и список использованных источников из 16 наименований

По графическим приложениям имеются следующие замечания

На карту необходимо вынести месторождения, проявления и пункты минерализации.

В стратиграфическую колонку, легенду и текст записки необходимо добавить описание удерейской свиты, показанной на разрезе.

5. Общая оценка работы

Представленная дипломная работа является итогом самостоятельного обобщения и анализа материалов по геологии Средне-Татарского щелочного массива. Автор владеет знаниями и приемами, необходимыми для сбора, обработки и анализа геологических материалов, для самостоятельного решения научных и практических задач.

Содержание дипломной работы показывает хорошее понимание ее автором основных геологических задач и методов их практического решения.

Дипломная работ Комлевой Натальи Олеговны «Геологическое строение, петрография и петрология Средне-Татарской фельдшпатоидной интрузии» заслуживает отличной оценки, а ее автор – присвоения квалификации инженер геолог по специальности 21.05.02 «Прикладная геология», 21.05.02.04 «Прикладная геохимия, петрология, минералогия»

Сведения о рецензенте

Ф.И.О. Динер Алексей Эдуардович

Должность: Главный геолог

Уч. звание

место работы: ООО ГРК «Амикан»

Уч. степень кандидат геол.-минерал наук

Подпись



Дата 03.07.2019 г

*Динер Алексей Эдуардович
зверяю. Логин С. И.
качеством от*