

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого
Уральского отделения Российской академии наук

На правах рукописи

Захаров Анатолий Владимирович



МИНЕРАЛОГИЯ, ВОЗРАСТ И ТИПЫ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ
ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Специальность 1.6.4. Минералогия, кристаллография. Геохимия, геохимические
методы поисков полезных ископаемых

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
доктор геолого-минералогических наук
Иванов К.С.

Екатеринбург – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ИСТОРИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ЛИПОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ	11
1.1 Краткая история минералогического и геологического изучения Липовского рудного поля.....	11
1.2 Выводы по Главе 1	26
ГЛАВА 2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЙОНА ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ	27
2.1 Положение Липовского жильного поля в структуре Урала	28
2.2 Стратиграфия Липовского жильного поля и его ближайшего окружения.....	29
2.2.1 Адуйский комплекс (RF _{1ad})	29
2.2.2 Алабашская серия (RF _{2ab}).....	30
2.2.3 Белоярская толща (O _{3bj})	30
2.2.4 Колюткинская свита (S _{2-3kl})	30
2.2.5 Терригенно-карбонатная толща (D _{1 tc})	30
2.2.6 Рудянская толща D _{1-2rd}	31
2.2.7 Маминская толща (D _{2-3mm})	31
2.2.8 Бекленищевская свита C _{1bk}	31
2.3 Плутонические породы.....	31
2.3.1 Алапаевский комплекс дунит-гарцбургит-габбровый (σV_{al1} ; ΣV_{al1} ; vV_{al2}).....	31
2.3.2 Петуховский комплекс монцодиорит-лейкогранитовый ($\mu\delta P_{1pt1}$; $ly P_{1pt2}$).....	31
2.3.3 Адуйский комплекс гранитовый (γP_{3a}).....	32
2.3.4 Мурзинский комплекс гранитовый (T _{1-2m})	32
2.4 Геологическое строение Липовского жильного поля.....	32
2.5 Выводы по Главе 2	34
ГЛАВА 3 РАСПОЛОЖЕНИЕ И СТРОЕНИЕ ПЕГМАТИТОВЫХ ЖИЛ И ПЛАГИОКЛАЗИТОВ В ПРЕДЕЛАХ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ	35
3.1 Расположение и строение гранитных (топаз-берилловых) пегматитов	35
3.2 Расположение и строение плагиоклазитовых тел.....	44
3.3 Расположение и строение редкометалльных литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов	48
3.4 Выводы по Главе 3	58
ГЛАВА 4 ПОЛОЖЕНИЕ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ В РАМКАХ СУЩЕСТВУЮЩИХ КЛАССИФИКАЦИЙ	60

4.1 Выводы по Главе 4	64
ГЛАВА 5 МИНЕРАЛОГИЯ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ И ПЛАГИОКЛАЗИТОВ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ.....	65
5.1 Минералогия гранитных (топаз-берилловых) пегматитов	65
5.2 Минералогия плагиоклазитовых (десилицированных) тел	97
5.3 Минералогия редкометалльных литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов.....	123
5.4 Выводы по Главе 5	173
ГЛАВА 6 ВОЗРАСТ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ И ПЛАГИОКЛАЗИТОВ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ.....	175
6.1 Возраст гранитных (топаз-берилловых) пегматитов	175
6.2 Возраст плагиоклазитовых (десилицированных) тел.....	178
6.3 Возраст редкометалльных литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов	183
6.4 Выводы по Главе 6	188
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	190
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	193
ПРИЛОЖЕНИЕ А Акт о внедрении	218

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Липовские копи стали знамениты на весь мир благодаря открытию проявлений «малинового шерла» в 1899-1900 годах. В настоящее время Липовское жильное поле входит в состав ГБУ СО "Природный минералогический заказник "Режевской", поэтому приоритетным направлением, для целей его развития, становится изучение эндогенной и экзогенной минералогии пегматитов, их типизация, условия и время образования. Несмотря на широкую известность гранитных пегматитов Липовского жильного поля, эти вопросы не получили должного обсуждения и недостаточно раскрыты. Наиболее полная сводка по минералогии гранитных пегматитов объекта была сделана в 2008 году И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], тем не менее автором диссертации дополнительно, в них было установлено еще 26 минералов. Условия минералогического заказника позволяют сделать здесь полигон для научных исследований, учебных практик, школьных и туристических экскурсий. Именно этим определяется актуальность проведения данных исследований.

По мнению Ю.Б. Марина [126] значимость изучения гранитных пегматитов определяется тем, что они концентрируют многие редкие и РЗЭ элементы, такие как Li, Cs, Ta, Nb, Y и др., поэтому их изучение крайне важно для решения проблем петро- и рудогенеза. Так Липовские литиеносные пегматиты, в свое время, рассматривались как промышленно-значимые на цезий и литий. Кроме того, гранитные пегматиты обычно являются источниками ювелирно-поделочного, коллекционного и керамического сырья.

Степень разработанности темы исследования. В ходе работы над диссертацией основной акцент уделялся минералогии пегматитовых жил, при этом в исследуемых телах был открыт целый ряд новых для данного объекта минералов. Кроме того, подтверждено и описано немногим больше сотни минералов, слагающих данные пегматиты. Основная часть минералов определена с помощью метода электронно-зондового микроанализа. Опираясь на данные по минералогии, исследованию парагенезисов минералов и строению жил, получилось провести разделение пегматитов на типы, определить их возраста и решить вопросы, связанные с эволюцией минералогенеза, и с стадийностью образования этих тел. Исходя из этого, степень разработанности темы исследования можно считать хорошей.

Объектом исследования являются гранитные пегматиты Липовского жильного поля и образованные по ним плагиоклазиты.

Предметом исследования являются конкретные характеристики (минеральный состав, строение и возраст) пегматитов и плагиоклазитов Липовского жильного поля.

Цель работы – исследование минералогии пегматитов, с установлением типоморфных особенностей минералов, типизация этих тел и определение их возраста.

Задачи исследования:

- анализ опубликованной и фондовой литературы;
- документирование, с установлением внутреннего строения пегматитовых тел и минеральной зональности вмещающих пород (с отбором проб);
- диагностика и комплексное исследование минералов, с установлением их морфологических и геохимических особенностей;
- обобщение данных по минералогии (в том числе составление кадастра минеральных видов);
- определение возраста образования пегматитов и плагиоклазитов, с использованием метода СНИМЕ (Th-U-Pb_{общ} химического датирования радиоактивных минералов) и методов K-Ar и Ar-Ar датирования слюд;
- типизация пегматитов по современным классификациям.

Научная новизна. Выявлено и изучено 26 минералов, ранее не известных в пегматитах и плагиоклазитах Липовского жильного поля. Список включает: золото, серебро, медь, свинец, висмут, пирит, галенит, цинкохёгбомит, торианит, шпинель, пирохлор, уранпирохлор, плюмбопирохлор, ишикаваит, литиофорит, коффинит, анортит, фтор-эльбаит, полилитионит, сепиолит, стевенсит, фторнатромикролит, фторкальциомикролит, монацит-(Ce), ксенотим-(Y), барит; при этом фтор-эльбаит, фторнатромикролит и фторкальциомикролит являются новыми минералами для Уральского региона.

Составлен кадастр минеральных видов, насчитывающий 180 наименований, из них 107 минералов встречаются в пегматитах и плагиоклазитах.

Оценено время образования разных тел пегматитов и плагиоклазитов Липовского жильного поля с использованием метода СНИМЕ и методов K-Ar и Ar-Ar датирования слюд. Методом СНИМЕ получена возрастная изохрона, построенная по трем разным минералам.

Проведено документирование пегматитовых тел, обнажающихся в бортах карьеров (получены дополнительные сведения по их строению).

С учетом некоторых, из открытых автором, новых для пегматитов объекта минералов, таких как: фтор-эльбаит, полилитионит, ксенотим, фторнатромикролит, фторкальциомикролит, ишикаваит, пирохлор, плюмбопирохлор, уранпирохлор, удалось провести разделение пегматитов на два типа. А по найденным монациту-(Ce), коффиниту и уранинитам удалось установить их возраста.

Впервые, для разных типов пегматитов объекта, установлены отличия по типохимизму таких минералов как: самородные металлы (Au, Ag, Cu), фторапатит, уранинит, барит, хризоберилл, спессартин, ксенотим-(Y), КПШ.

Для литиеносных (лепидолит-альбитовых) гранитных пегматитов, на геохимическом уровне, установлены признаки контаминации веществом ультрабазитов, что подтверждает ранние наблюдения А.Е. Ферсмана [209].

Описаны морфологические особенности кристаллов фенакита, топаза, хризоберилла, турмалина, граната, танталониобатов и других минералов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Получены новые данные о пегматитовых процессах завершающих позднюю постколлизийную стадию формирования Мурзинского и Адуйского массивов. По изученным характерным особенностям пегматитов, таким как минералы-индикаторы (турмалин, спессартин, дюмортьерит, литиевые слюды и т.д.), типоморфным минералам (топаз, хризоберилл, монацит и т.д.), парагенезисам минералов, зональности тел, геохимическим особенностям минералов и возрастам различных пегматитов поля, можно более полно реконструировать эволюцию минералогенеза, этапы становления и условия образования (преобразования) этих и аналогичных им типов пегматитов. А также более точно определить типы гранитных пегматитов, что в свою очередь, упрощает задачу поиска этих тел (на этом и подобных объектах), с требуемой редкометалльной специализацией и самоцветной минерализацией.

Выполненное документирование пегматитов поля позволяет получить полную картину их распространения и поможет решить вопросы прогноза, поисков, оценки и возможного комплексного освоения.

Исследования проводились в рамках бюджетной тематики лаборатории (по темам трех государственных заданий ИГГ УрО РАН: № 0393-2016-0019; № АААА-А18-118052590032-6 15; № 123011800014-3), а также в рамках различных грантов РФФИ и проектов УрО РАН. Все опубликованные статьи автора передавались руководству Режевского природно-минералогического заказника в лице директоров С.Л. Волохина (2010-2016 гг.) и А.В. Сергушина (2017-2025гг.) и использовались ими при проведении научной и практической деятельности на подведомственной Заказнику территории. Составленный диссертантом кадастр минеральных видов и выполненное документирование жильных тел, расширяют научную базу Заказника для проведения геологических экскурсий, студенческих практик и дальнейших научных исследований.

Часть материалов диссертации вошла в книги-путеводители по Липовскому пегматитовому полю «Природно-минералогический заказник «Режевской» [175] и «Каменные кладовые Самоцветной полосы Урала. Природно-минералогический заказник Режевской» [173]. Данные путеводители используются Заказником для проведения геологических экскурсий.

Отдельные научно-практические результаты данной работы были использованы в деятельности ГБУ СО "Природный минералогический заказник "Режевской", что отражено акте о внедрении от 14.10.2024 г. (Приложение А).

Методы исследований. В основу работы положены минералы и образцы горных пород (около 1000 единиц, из более чем 50 пегматитовых жил и вмещающих их пород), собранные автором в период полевых работ 2009-2023 гг. на Липовском жильном поле.

В общей сложности были изучены около 250 полированных и петрографических шлифа. В работе были обобщены опубликованные и фондовые данные по истории изучения, геологии и минералогии пегматитов Липовского рудного поля.

Для изучения собранного каменного материала применялись современные методы исследования вещества, на базе лаборатории физико-химических методов исследования Института геологии и геохимии УрО РАН.

Химический состав минералов изучался на микроанализаторе CAMECA SX 100 (аналитик В.В. Хиллер), в результате было сделано около 600 анализов. На этом же приборе (аналитик В.В. Хиллер) методом СИМЕ (химического Th-U-Pb_{общ} датирования) получены датировки различных радиоактивных минералов из гранитных пегматитов и плагиоклазитов объекта.

Неоднократно предпринимались попытки датирования гранитных (топаз-берилловых) пегматитов, по выделенным из них монофракциям циркона, но данные цирконы оказались сильно метамиктными и непригодными для изотопных исследований. Цирконы отобранные из литиеносных пегматитов оказались также метамиктными.

Методом рентгеноспектрального флуоресцентного анализа (аналитик Н.П. Горбунова) изучено 49 проб пород и минералов. Основное внимание уделялось «сквозным» породообразующим минералам и минералам, имеющим переменный состав, зависящий от смены условий минералообразования (слюды, полевые шпаты, турмалины, гранаты и др.).

Микроэлементным анализом (методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на «ELAN-9000») изучено 32 пробы пород и минералов (аналитики Н.Н. Адамович, Д.В. Киселева, Н.В. Чередниченко).

С помощью метода атомно-абсорбционного анализа изучено 5-монофракций минералов (аналитик .Е.А. Галянина).

Рентгеноструктурное и рентгенофазовое исследование 30 проб минералов проводилось на дифрактометре XRD-7000 Shimadzu (аналитик О.Л. Галахова).

Изотопными методами К-Аг и Аг-Аг датирования были получены 7 датировок по литиевым слюдам из пегматитов Липовки (аналитики Б.А. Калеганов, А.В. Травин).

С помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6390LV фирмы Jeol с энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 фирмы Oxford Instruments (аналитики И.А. Готтман, Л.В. Леонова) изучалась морфология кристаллов танталониобатов и небольших по размеру зерен и кристаллов целого ряда других минералов.

Проведены гониометрические измерения кристаллов топаза и фенакита.

Положения, выносимые на защиту:

I. На основании изучения и систематизации типоморфных минералов жильных тел Липовского поля выделяются два типа гранитных пегматитов: топаз-берилловые и лепидолит-альбитовые (литиеносные); по минералого-геохимическим особенностям первый тип пегматитов относится к NYF (ниобий-иттрий-фтористому) типу, а второй – к LCT (литий-цезий-танталовому) типу.

II. Формирование пегматитов Липовского жильного поля проходило в два этапа: в среднепермское время (около 266 млн лет) образовались топаз-берилловые пегматиты NYF-типа, а в позднепермское время (255-250 млн лет) – лепидолит-альбитовые жилы LCT-типа, что согласуется с временем становления Мурзинско-Адуйского гранитного комплекса.

III. Плагноклазиты, сложенные в основном анортитом (реже андезином) и дравитом, содержащие типоморфные минералы ряда колумбита и пироклора, ишикаваит, ферсмит и др., сформировались по топаз-берилловым пегматитам. Возраста их образования – 258 ± 6 млн лет и преобразования – 244 ± 7 млн лет.

Степень достоверности результатов исследования обусловлена данными полученными с помощью комплексных современных методов исследования на базе сертифицированной лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН (ЦКП "Геоаналитик") представительной коллекции минералов из гранитных пегматитов и плагноклазитов исследуемого объекта.

Апробация результатов работы. Основные положения и материалы диссертационной работы докладывались на двух Международных конференциях «Юбилейный съезд РМО-2017» (г. Санкт-Петербург) и "Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле" (г. Москва, 2024г.), а также на 15-ти Всероссийских научных конференциях: «Уральская минералогическая школа» (2010, 2024), «Минералогия Урала-2011», «Чтения памяти В.О. Полякова» (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2018, 2019, 2021 гг.), «Чтения памяти А.Н. Заварицкого» (2017 г.), «Чтения памяти С.Н. Иванова» (2018 г.), «Динамика и взаимодействие геосфер Земли...» (Томск, 2021 г.). Также сделан доклад по минералогии Липовки к 20-летию заказника «Режевской» (Реж, 2015г.).

Личный вклад автора. В основу работы положены авторские результаты документации и изучения минерального состава пегматитовых и плагноклазитовых тел Липовского жильного

поля, а также данные комплексных лабораторных исследований представительной коллекции минералов и горных пород (около 1 тыс. образцов), собранной автором в период полевых работ с 2009 по 2023 гг. Автор провел анализ литературных данных и комплексное изучение минералогии (диагностика, изучение морфологических особенностей), выполнил интерпретацию аналитических данных по объекту исследований, обработал и оформил с использованием современных программных пакетов все результаты исследований, обобщил полученные результаты в своих публикациях и представил, в виде докладов на конференциях, научному сообществу. При участии автора проведено определение химического состава минералов на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы Jeol с ЭДС-приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 и электронно-зондовом микроанализаторе CAMECA SX 100; выполнено химическое Th-U-Pb_{общ} датирование радиоактивных минералов и изотопное датирование (Ar-Ar и K-Ar) слюд из пегматитов Липовского жильного поля.

Публикации. Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 61 печатной работе, в том числе в 2 книгах (по ГБУ СО Природно-минералогический заказник «Режевской») (пункты списка литературы № 173, 175), в 8 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК) (пункты списка литературы № 191, 217, 257, 258, 259, 260, 261, 262), в 1 статье – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus и входящих в перечень ВАК (пункт списка литературы №240).

Структура работы. Диссертация состоит из введения шести глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы (включающего 262 наименования) и одного приложения. Диссертация изложена на 220 страницах машинописного текста, содержит 110 рисунков и 75 таблиц. Список литературы включает 262 публикации, в том числе 31 фондовый отчет. Первая глава посвящена истории минералогического и геологического изучения объекта, здесь же приведен список (кадастр) минеральных видов. Во второй главе приводится краткое геологическое описание объекта. Третья глава состоит из трех частей, каждая из которых раскрывает особенности строения и расположения основных типов пегматитов и плагиоклазитов в пределах поля. В четвертой главе определено положение пегматитов жильного поля в рамках существующих современных классификаций. Пятая глава содержит описание минералогии данных пегматитов и плагиоклазитов. В шестой главе приведены данные по определениям возраста акцессорных радиоактивных минералов и слюд из пегматитов и плагиоклазитов объекта.

Благодарности. Автор выражает признательность доктору геол.-мин. наук К.С. Иванову за руководство исследованиями. Большая благодарность к.г.-м.н. Ю.В. Ерохину, член-

корреспонденту РАН И.В. Пекову, д.г.-м.н. А.Ю. Кисину за внимательное отношение к работе и к.г.-м.н. В.В. Хиллер за помощь в датировании акцессорных радиоактивных минералов. Спасибо аналитикам (И.А. Готтман, Л.В. Леоновой, О.Л. Галаховой, Б.А. Калеганову, А.В. Травину) и коллегам В.Н. Смирнову, П.С. Козлову, М.П. Попову и др. В.П. Кавериной, Д.А. Ханину, С.В. Берзину, С.С. Потапову и другим за помощь при проведении исследований. Отдельная благодарность сотрудникам ГБУ СО Природно-минералогический заказник "Режевской": директору А.В. Сергушину, бывшему директору С.Л. Волохину и А.Е. Порубову, а также моему отцу В.Н. Захарову за содействие в полевых работах, и коллекционерам (В.В. Аксенову, А.В. Новоселову) за предоставление некоторых образцов.

ГЛАВА 1 ИСТОРИЯ МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО И ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ЛИПОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

1.1 Краткая история минералогического и геологического изучения Липовского рудного поля

Липовское рудное поле – это площадь (со всеми отработанными рудными залежами силикатно-никелевых руд, а также оставшимися в бортах различными жильными телами и другими полезными минеральными образованиями) расположенная в границах отработанного Липовского месторождения силикатно-никелевых руд. Данное рудное поле, соответственно также включает в себя Липовское жильное поле.

Началом освоения данного объекта послужила находка цветных турмалинов. Это событие, по мнению В.И. Воробьева, произошло совершенно случайно, при распашке поля в период с 1899 по 1900 г. [208]. Более точную дату находки Липовских цветных турмалинов приводит А.С. Таланцев, по его мнению – "турмалины были найдены весной 1900 года крестьянином Русиным Петром Родионовичем" [199].

Вследствие того, что в первые годы добыча турмалина осуществлялась крестьянами (хитниками) хаотично, все исследователи, посещавшие Липовские копи вынуждены были проводить их изучение по отвальным материалам. В частности, сам А.Е. Ферсман сетовал на судьбу, что – "такой интересный объект ему приходится изучать по отвалам и музейным образцам" [208].

В период с 1900 по 1916 годы Липовское месторождение цветных камней разрабатывалось на рубеллит (розовый турмалин) и берилл [142].

В целом, в дореволюционный период Липовские копи посещали и изучали ряд видных исследователей, таких как В.И. Воробьев (1901-1905 гг.), П.Л. Драверт (1904 г.), В.И. Вернадский (1911 г.), К.А. Ненадкевич и В.И. Крыжановский (1911 г.).

В работе 1901г. В.И. Воробьев опубликовал первые данные о Липовском турмалине, включая описание его кристаллографии [26].

В 1904 году П.Л. Драверт [42] составил первое описание местных минералов Липовских копей, главным образом оно касалось цветных турмалинов.

Годом позже вышла статья В.И. Воробьева об оригинальных, уплощенных вдоль главной оси, розоватых кристаллах берилла с Липовских копей [27].

Позднее В.И. Вернадский обнаружил в этих розоватых бериллах значительные содержания цезия и воды и предложил назвать цезиевый берилл – воробьевитом, в честь погибшего на тот момент В.И. Воробьева [18].

В этом же 1911 году К.А. Ненадкевич [140] опубликовал данные по химическому составу розового берилла из Липовки и дал его более полное описание.

Тогда же В.И. Крыжановский [35] публикует сведения об обнаруженном им на Липовских коях, новом для России литиевом минерале – петалите.

Довольно весомый научный вклад в изучение данного объекта, а именно «Шерловой копи», внес А.Е. Ферсман, который в период с 1912 по 1916 гг. (и позже) неоднократно посещал копи с цветным турмалином с целью их изучения. В своем труде [208], будущий академик отнес пегматитовые жилы к натро-литиевому типу и литиево-рубеллитовому подтипу.

С 1920 года на Липовке организованы казенные работы [207]. В 1921 году Ф.И. Кандыкин делает краткий отчет о разведке Липовских и Адуйских копей и указывает, что на них широко развиты полевошпатовые минеральные скопления [105]. В период с 1921-1922 гг. разведку Липовского рубеллитового месторождения проводил представитель местного правительственного органа (Райруды) Г.Г. Китаев. Отработка жил велась шахтным способом, до 1923 года [142].

В 1925 году Э.М. Бонштедт [14] сделал кристаллографическое описание Липовского колумбита и по косвенным признакам (расположению кристаллографических осей, плотности минерала, определению наличия в нем марганца) отнес минерал к марганцевой разновидности.

В 1929 году Ф.И. Рукавишников сделал краткий отчет «О Липовском месторождении драгоценных камней», с описанием цветных турмалинов объекта [183]. В этом же году вышла статья М.И. Кантора [106], касающаяся уральских фосфоритовых месторождений, в которую вошли сведения о фосфоритах Липовки. Тогда же М.А. Гордиенко была дана краткая сводка по месторождению лепидолита около села Липовского [37].

До 1932 года на Липовских коях добывался лишь цветной турмалин, но с 1932 года в РСФСР возник большой дефицит литиевого сырья, поэтому здесь была произведена частичная добыча лепидолита [29]. В связи с этим, в период с 1932 по 1934 гг. геолог И.И. Бок провел детальную разведку и геологическую съемку, а также геолого-минералогический очерк месторождения цветных турмалинов [12]. Им также были подсчитаны запасы литиевого сырья по категории С1 + С2, по его мнению они составили 1800 т (в том числе по категории С1 – 400 т). При этом было добыто около 12 тонн лепидолита. И.И. Бок, как и А.Е. Ферсман, полагал, что данные пегматитовые жилы сложены двумя генерациями: собственно пегматитовой и пневматолитовой. Также И.И. Бок один из первых в своем отчете [12] впервые указал на возможность нахождения силикатно-никелевых руд в районе села Липовское. Он также обращает внимание на мощную кору выветривания над серпентинитами.

Позже в 1953 году выходит статья А.И. Гинзбурга [32], посвященная описанию литиевого хлорита – кукеита, впервые найденного на данном объекте.

В 1955 году В.В. Мельницкого опубликовал сведения [130], о находке данбурита найденного Ю.Ф. Погоня в литиеносных пегматитах Липовки.

Годом позже Адуйская геологическая съемочная партия, в ходе проведения геологической съемки (масштаба 1:50000), в районе села Липовское подсекла разведочными скважинами силикатно-никелевые руды, мощностью до 8 метров. Также в этом районе партией были обнаружены залежи угля [151].

В 1957 году, по результатам работ Адуйской геолого-съемочной партии, сделан отчет данные из которого использованы при составлении Геологической карты Урала. В отчете, авторы приводят краткие сведения по двум новым для Липовского месторождения минералам: каолиниту и флюориту [29].

Весной 1957 года создается отряд Алапаевской геолого-поисковой партии (позже вошедший в состав Режевской ГРП) и начаты ревизионные и поисковые работы на литий, бериллий и никель. И уже к концу года собран фактический материал, позволивший утверждать, что Липовские рудопроявления являются месторождением [151].

В этом же году, Липовским отрядом Режевской ГРП Зауральской экспедиции Уральского геологического управления, на участке «Шерловая копь» было проведено поисково-оценочное бурение и установлено направление падения, и простираение пегматитовой жилы, а также ее выклинивание с глубиной [142].

Липовское месторождение силикатно-никелевых руд разведывалось в период с июня 1957 года по январь 1964 года. За этот период Режевской ГРП было пробурено 1927 скважин общим объемом 146358.8 погонных метров, партией Режевского никелевого завода пробурена 341 скважина, что составляет 18278.0 п.м. На месторождении также пройдено 5070 погонных метров шурфов [145].

В середине 1958 года, Режевской ГРП Зауральской экспедиции, были начаты разведочные работы на залежах силикатно-никелевых руд Липовского месторождения. В 1959-1960 гг. попутно с разведкой Липовского месторождения, проводились опытные работы по изучению гидрогеологических условий его отработки [144].

В 1959 году вышел отчет Н.Л. Овчинникова [203], по вопросам технико-экономического обоснования кондиций для развивающегося Липовского месторождения силикатно-никелевых руд. В 1961 году свои труды, касающиеся вопроса никеленосности Среднего Урала, в том числе и по Липовскому месторождению в докладной записке изложил И.З. Корин [139].

В период с 1960 по 1964 гг., на основании результатов геологоразведочных работ на Липовском месторождении, В.П. Малеевым и другими сотрудниками Режевской ГРП Зауральской экспедицией Уральского геологического управления было подготовлено несколько десятков производственных отчетов с подсчетом запасов силикатных никелевых руд [144-146, 148, 151 и др.].

В период с 1961 по 1962 гг. на основании результатов поисково-разведочных работ на силикатно-никелевые руды, проведенных Режевской ГРП Зауральской экспедиции Уралгеолуправления, на Липовском месторождении (исполнители А.М. Кудряшов и Ю.А. Федоров) сформирован отчет с подсчетом запасов [143].

В период с 1961 по 1963 годы, по результатам геологоразведочных работ на силикатно-никелевые руды, проведенным Режевским никелевым заводом, на Липовском месторождении, сформирован ряд отчетов с подсчетом запасов руды [149, 150, 152, 153]. В этот же период Ю.Ю. Бугельский занимался изучением процессов формирования древней коры выветривания на ультраосновных породах и закономерностью ее никеленосности, а также вопросами гидрохимической характеристики никеленосных кор выветривания и условий миграции никеля в районах Липовского и Уфалейских месторождений [159].

В 1963 году выходит объемная работа [20], касающаяся изучения вещественного состава силикатно-никелевых руд Липовского месторождения.

В 1964 году вышла работа И.И. Гинзбурга с коллегами [34], касающаяся строения и минералогии коры выветривания Липовского ультраосновного массива, причем И.В. Витовская и Л.С. Шакина занимались данным вопросом вплоть до 1970 года [21].

В период с 1967 по 1970 гг. проводилась разведка шестого и седьмого участков Липовского месторождения силикатных никелевых руд с подсчетом запасов. Этим вопросом занимались сотрудники Режевской ГРП Зауральской экспедиции Уральского геологического управления [147, 156, 179].

В это же время, в период с 1968 по 1970 гг. геологической службой Режевского никелевого завода проводились детальные работы по разведке содержания цветного и технического турмалина, а также редкометалльного оруденения в пегматитовых жилах «Топорковой» и «Старательской» входящих в состав проявления «Шерловая копь». На месте старых старательских выработок была пройдена шахта «Капитальная», которая вскрыла пегматитовые жилы «Топоркову» и «Старательскую» (ранее считалось, что это одна пегматитовая жила). В результате проведенных работ, было изучено строение и минеральный состав данных литиеносных жил. В практическом отношении установлена бесперспективность вышеперечисленных жил (за весь период разведочных работ было добыто 5,4 кг цветного турмалина), но не исключена вероятность комплексной добычи цветных турмалинов и попутного извлечения редких металлов, таких как тантал, бериллий и цезий. В отчете также приводятся сведения по 16 новым для Липовского месторождения минералам [44, 142].

В период с 1971 по 1974 годы, детальной разведкой шестого участка Липовского месторождения силикатных никелевых руд и подсчетом его запасов занимались сотрудники

Режевской ГРП Зауральской экспедиции Уральского геологического управления В.Е. Подкин, А.М. Кудряшев, Е.К. Иванова [142, 154, 157].

В 1972 году Г.Н. Вертушковым и Ф.Ф. Борисковым [19], было сделано описание петалита с Липовки, хотя этот минерал на данном объекте найден еще в начале 20-го века В.И. Крыжановским.

В 1977 году Режевской ГРП Зауральской экспедиции Уральского геологического управления были завершены разведочные работы, по результатам которых вышел отчет о детальной разведке четвертого Липовского месторождения силикатных никелевых руд с подсчетом его запасов [157]. Обобщением сведений по промышленно-генетическим типам месторождений благородного турмалина, в том числе Липовского участка занимался коллектив исследователей: В.М. Смертенко, В.И. Канторович, Н.И. Пальмова. В 1978 году вышел их труд под названием «Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней» [189].

В 1984 году вышла статья Д.П. Сердюченко с соавторами «Турмалины из пегматитов и гранитов Липовки на Урале», в которой впервые указывается, что розовые турмалины относятся к эльбаиту [184].

В 1986 году в гранитных пегматитах Липовского месторождения В.И. Кайновым и В.И. Жернаковым был найден хризоберилл, а в 2000 году ими сделано его описание [103]. В период с 1987 по 1989 гг. Ю.А. Федоровым и Е.Н. Люлиным проводились работы по дополнительной разведке Фирсовского участка Липовского месторождения силикатных никелевых руд, итогом которых стал производственный отчет [158].

Обобщением сведений по строению пегматитов Урала, в том числе и по Липовскому участку, много лет занимался А.С. Таланцев. В 1988 году вышел его основной труд «Камерные пегматиты Урала» [201], где частично описывались Липовские пегматиты. Тогда же А.Ю. Кисин выявил рубиновую минерализацию в мраморах Липовского месторождения [113]. Несколько позднее, в 1994 году А.Ю. Кисиным была написана статья «Липовское проявление благородного корунда» [112], в которой автор выявил основные черты сходства и отличия корунда из мраморов данного проявления с корундом Кучинского месторождения.

В 1996 году, минералоги В.А. Попов и А.А. Канонеров, сделали минералогическое и геологическое описание десилицированной жилы с хризоберилловой минерализацией [171]. Этими же исследователями в 1999 году был описан кобальтистый миллерит из Липовского месторождения [168]. В этом же году В.И. Кайнов и Т.В. Русская обобщили сведения по морфологии эльбаита Липовки, выделив при этом два морфологических типа кристаллов [104].

В 2002 году коллектив авторов Э.Ф. Емлин, Н.В. Вахрушева, В.И. Кайнов выпустили книгу-путеводитель «Самоцветная полоса Урала: Режевской государственный природно-

минералогический заказник» [44]. В ней были обобщены сведения по различным участкам заказника, в том числе и по Липовской «геосистеме». Авторами было сделано геолого-минералогическое описание данного объекта, в частности приведены наиболее распространенные и значимые минералы, дана минералогическая составляющая кор выветривания, а также описана геотехногенная система и водные ресурсы [44]. Так же на данном объекте ими было выделено порядка пяти типов пегматитов.

В этом же году А.Ю. Кисиним совместно с соавторами, изучалась рубиновая минерализация в мраморах Липовского месторождения [108], при этом установлено, что данная минерализация формировалась на регрессивном этапе метаморфизма.

В это же время И.В. Пековым был найден и изучен висмутосодержащий брабантит из редкометалльных литиеносных пегматитов объекта [161].

Позже, в 2003 году, в рамках конференции «Минералогия Урала», вышли тезисы С.Г. Суставова с соавторами [198], касающиеся минералогии кварцевых жил Липовского месторождения, в которых был приведен ряд новых для данного объекта минералов, таких как галенит, козалит, хейровскит и англезит. В этом же сборнике докладов, вышли тезисы Л.Р. Меметовой, по минералам подгруппы микролита из редкометалльных пегматитов Липовки [131].

В этом же году вышла статья И.В. Пекова с соавторами [162], о новом для мира минерале из группы колумбита-танталита, найденном в десилицированных гранитных пегматитах Липовки и получившим название – магнезиотанталит.

В период с 2003 по 2004 гг. И.В. Пековым с соавторами [160] и О.В. Якубовичем [220] были опубликованы работы, касающиеся изучения кристаллической структуры бериллийсодержащего кордиерита из десилицированных пегматитов Липовки.

В 2005 году вышло две работы Л.Р. Меметовой с соавторами, первая касается химического состава и зональности турмалинов из редкометалльно-самоцветных пегматитов Липовки [133], а во второй статье представлена модель стадийности образования вышеуказанных пегматитов [132]. В этом же году выходит статья А.Ю. Кисина [109], в которой автор описывает деформации мраморов объекта и делает вывод, что время образования рубиновой минерализации соответствует верхнему палеозою. Тогда же О.С. Долгова с соавторами, делают сравнительную характеристику хризобериллов Липовского и Малышевского месторождений [41]. В 2006 году П.Б. Ширяевым и В.И. Кайновым, при изучении гидротермальной минерализации в мраморах Липовского месторождения, найден новый для месторождения минерал – парагонит [219].

В 2007 году выходит монография А.И. Маликова с соавторами «Самоцветная полоса Урала» [125], в которой приводится описание Липовского участка и в частности литиеносной жилы Сибирячка.

В период с 2007 по 2013 гг. изучением гидрогеохимических процессов Липовской геотехногенной системы, в том числе и исследованием миграции никеля в карьерных озерах, занимался Н.А. Бизяев [10, 11 и др.].

В 2008 году И.В. Пеков совместно с Л.Р. Меметовой сделали развернутый обзор по минералам гранитных пегматитов Липовского жильного поля [163]. При этом ими в пегматитах были найдены и исследованы 18 новых для данного объекта минералов. На тот момент это была самая полная сводка по минералогии Липовского пегматитового поля.

С 2009 года и по сегодняшний день научно-исследовательские работы в пределах Липовского жильного поля проводит диссертант.

В период с 2009 по 2010 гг., в ходе изучения каменного материала из гранитных пегматитов Липовского жильного поля, диссертантом с соавторами, были обнаружены новые для данного объекта минералы – коффинит и ксенотим [61], золото, серебро и медь [55]. Так же методом СИМЕ (химического Th-U-Pb_{общ} датирования) установлено, что "наиболее вероятное время образования гранитных пегматитов Липовского жильного поля ограничено двумя датировками – $265,5 \pm 5$ млн лет (для уранинита) и 269 ± 7 млн лет (для коффинита), т.е. полученный возраст является позднепермским" [57].

В 2010 году диссертантом с соавторами [53], проведено K-Ar датирование слюд (мусковита и трилитионита). Средний возраст слюд по 7 анализам составил 261 ± 6 млн лет. В этом же году автором диссертации, изучен химический и микроэлементный состав полихромных турмалинов из лепидолит-альбитовых пегматитов данного объекта [71].

В 2011 году нами [48], описан марганцовистый апатит из лепидолит-альбитовых гранитных пегматитов Липовского жильного поля. В этом же году диссертантом с соавторами изучена минералогия плагиоклазовых блоков из плагиоклазитов Липовского жильного поля. Впервые для данного объекта установлен ряд минералов, не описанных ранее – анортит, ишикаваит, пирохлор, уранпирохлор и барит [49]. В этом же году, нами [48] были получены первые данные по химическому составу джюмортьерита из гранитных пегматитов Липовского жильного поля. Тогда же автором изучен лепидолит из лепидолит-альбитовых пегматитов и установлено, что "минерал занимает промежуточное положение между полилитионитом и трилитионитом" [54, 79]. Кроме того, в 2011 году вышла наша статья [45], касающаяся изучения типоморфизма барита из плагиоклазитов и обычных амфиболитов данного объекта. В этом же году нами был изучен типоморфизм уранинита из различных гранитных пегматитов и плагиоклазитов Липовки [97].

Тогда же вышла статья А.В. Томилиной, касающаяся минералогии рубиноносных мраморов Липовского месторождения, в которой описан форстерит [204]. В 2012 году В.А. Поповым приведена минералогия и выдвинута альтернативная гипотеза генезиса карбонатных или по автору карбонатитовых пород Липовского месторождения [170].

В 2012 году А.Ю. Кисин указывая на столбообразную форму рудных тел с рубиновой минерализацией характерных для Липовского месторождения, пришел к выводу, что "образование рубиновой минерализации в мраморах связано с воздействием на них метаморфогенных флюидов" [111]. В этом же году Д.А. Ханиным и А.В. Захаровым приведено описание одной из жил гранитных пегматитов с хризоберилловой минерализацией [213] и описан типоморфизм хризоберилла из плагиоклазитов и гранитных пегматитов объекта [86].

В 2012 году вышла статья Ю.В. Ерохина и А.В. Захарова, по типоморфизму спессартина из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовского жильного поля [58]. В этом же году нами был достоверно подтвержден никельгексагидрит из кор выветривания серпентинитов [85]. Тогда же на основании результатов химического датирования акцессорного монацита методом СИМЕ, нами [56] был сделан вывод о том, что наиболее вероятное время образования лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки и копей Мора относится к позднепермскому возрасту. Одновременно нами были приведены данные по ксенотиму из топаз-берилловых и лепидолит-альбитовых пегматитов объекта [78] и изучены местные анортитовые амфиболиты [123]. В конце 2012 года в соавторстве с диссертантом опубликован путеводитель «Природно-минералогический заказник «Режевской» Самоцветная полоса Урала» [175]. В книге кроме геологической и исторической составляющей приведено описание наиболее распространенных минералов Липовского жильного поля.

В 2013 году на Липовском месторождении нами найден мейонит (разновидность скаполита) в кварцевых жилах секущих серпентиниты [214] и впервые установлен никелевый аналог талька – виллемсеит [91], являющийся "важным минералом для понимания условий образования никелевых руд" [202]. В этом же году нами [74] впервые составлен кадастр минеральных видов всего Липовского рудного поля. Одновременно Ю.В. Ерохиным и А.В. Захаровым была описана морфология топазов из лепидолит-альбитовых и топаз-берилловых пегматитов Липовского рудного поля [51]. В этом же году нами в гранитных пегматитах Липовки установлен ганит [70], а также в лепидолит-альбитовых пегматитах обнаружены манганотанталит и висмутотанталит [46].

В 2014 году в соавторстве с диссертантом опубликован возраст образования гранитных пегматитов Липовского жильного поля. "Возраст определен методом СИМЕ (химического Th-U-Pb_{общ} датирования) по монациту, коффеиниту и ураниниту и соответствует $266 \pm 2,6$ млн лет" [240]. В этом же году нами были изучены ниобиевый рутил (ильменорутит) [73] и андалузит

[67] из гранитных пегматитов данного объекта. Другими исследователями были изучены гранаты (гроссуляр-уваровитового ряда) из мраморов, слюдитов и амфиболитов объекта [110].

В 2014 году диссертантом совместно с Ю.В. Ерохиным, в плагиоклазитах Липовского жильного поля найдена и описана железистая шпинель [88]. В этом же году нами [52], в гранитных пегматитах описаны ферроколумбит, манганоколумбит, плумбопирохлор и ниобиевый рутил.

В 2015 году, для лепидолит-альбитовых пегматитов Липовского жильного поля, нами [81] была установлена, ранее не описанная на этом объекте ассоциация стибитотанталита, бисмутотанталита и микролита, также в этих же пегматитах найден и описан манганотанталит [77]. В этом же году диссертантом с соавторами установлено "практически синхронное становление редкометальных гранитных пегматитов Квартального Та-Nb-месторождения и гранитных (топаз-берилловых) пегматитов Липовского поля, в интервале 268-266 млн лет" [218].

В 2016 году Ю.В. Ерохиным и А.В. Захаровым была исследована морфология кристаллов фенакита из плагиоклазитов Липовского поля, в результате "установлено два типа кристаллов – изометричный и уплощенный по [0001]" [50].

В 2016-2017 гг. диссертантом с соавторами изучались структурно-химические особенности калиевых полевых шпатов, из разных типов пегматитов объекта [75, 96, 262].

В 2017 году автором проведена типизация гранитных пегматитов данного объекта (выделены пегматиты NYF и LCT-типов) [84], а также уточнен возраст и генезис плагиоклазитов и лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки [82, 216].

В этом же году нами в плагиоклазитах Липовского жильного поля был обнаружен торинанит, это первая находка на данном объекте [98]. Тогда же в соавторстве с В.В. Хиллер, в гранитных (топаз-берилловых) пегматитах сделана находка самородных металлов (Pb и Bi), которые ранее не были известны на данном объекте [94, 257].

В 2018 году диссертантом с соавторами были подтверждены, сделанные ранее, находки сапфировидного корунда [8] и магнезиоколумбита [80] в плагиоклазитах Липовского жильного поля.

В 2018-2019 годах в лепидолит-альбитовых пегматитах нами найдены и изучены три новых для данного объекта минерала: фтор-эльбаит, фторнатромикролит и фторкальциомикролит [87, 89, 215, 258].

В 2019 году Т.А. Гвозденко с соавторами [28], подтверждена связь окраски липовского эльбаита с его химическим составом, а также сделано сравнение ИК спектров этого минерала с ИК спектрами драгита и шерла из других проявлений Мурзинской самоцветной полосы.

В этом же году, в магнетите из гранитных (топаз-берилловых) пегматитов Липовского жильного поля нами был найден и описан новый для пегматитов не только этого объекта, а вероятно вообще для пегматитов мира, минерал - цинкохёгбомит [90, 99, 261].

С 2021 по 2023 годы в ходе изучения плагиоклазитовых жил Липовки диссертанту совместно с В.В. Хиллер удалось установить, что эти тела "образовались по среднепермским кварц-калишпатовым (топаз-берилловым) гранитным пегматитам, а позже дважды подвергались наложенным изменениям в верхнепермское и триасовое время" [76, 259].

В 2022 году, при участии автора диссертации, были получены Ar-Ar возраста слюд (лепидолита и мусковита) из жил лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки. Так "лепидолит показал возраст $254,3 \pm 3,6$ млн лет, а мусковит $253,9 \pm 3,5$ млн лет" [191]. В этом же году совместно с Ю.В. Ерохиным описаны азурит и малахит из амфиболитов объекта [66].

В 2023 году диссертантом в соавторстве с В.В. Хиллер, проведено датирование монацита из литиеносных жил исследуемого объекта [260]. В этом же году при участии автора диссертации вышла книга (путеводитель) описывающий минеральное разнообразие Природно-минералогического заказника "Режевской" [173], в границах которого располагается Липовское жильное поле.

В 2024 году нами опубликованы новые данные по $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ датированию слюд из литиеносных пегматитов Липовки [68].

В 2025 году автором обновлен кадастр минеральных видов Липовского жильного поля.

Наиболее информативно и в тоже время схематично, историю минералогического изучения Липовского рудного поля (в границах которого условно расположено Липовское жильное поле и одноименное месторождение силикатных никелевых руд) можно представить в виде кадастра (списка) минеральных видов [74], который на данный момент дополнился новыми находками. В представленной ниже таблице 1.1, кроме названия минерала, фамилии первооткрывателя и года находки, также указывается наименование породы, в которой был первоначально найден минерал. Общее количество минеральных видов на этом объекте достигает 180 наименований. При этом диссертантом было определено и описано 29 минералов ранее для этого объекта не известных, в том числе в гранитных пегматитах и плагиоклазитах были найдены 26 минералов.

Таблица 1.1 – Список минеральных видов Липовского рудного поля

№	Минерал	Автор	Год	Место первой находки, порода
Самородные элементы, карбиды				
1	золото	Ерохин Ю.В. и др.	2010	гранитные и лепидолит-альбитовые пегматиты
2	медь	Ерохин Ю.В. и др.	2010	гранитные и лепидолит-альбитовые пегматиты

Продолжение таблицы 1.1

№	Минерал	Автор	Год	Место первой находки, порода
3	серебро	Ерохин Ю.В. и др.	2010	гранитные и лепидолит-альбитовые пегматиты
4	свинец	Захаров А.В., Хиллер В.В.	2017	гранитные и лепидолит-альбитовые пегматиты
5	висмут	Захаров А.В. и др.	2017	гранитные пегматиты
6	муассанит	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	гранитные пегматиты
7	алмаз ?	Попов В.А.	2012	россыпи
8	графит	Малеев В.П. и др.	1960	мраморы и серпентиниты
Сульфиды, арсениды, стибниды				
9	халькозин	Лобова Е.В. и др.	2012	амфиболиты
10	пирротин	Малеев В.П. и др.	1965	серпентиниты
11	галенит	Суставов С.Г. и др.	2003	кварцевые жилы в мраморах
12	сфалерит	Малеев В.П. и др.	1965	эпидот-амфиболовые породы
13	киноварь	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	гранитные пегматиты
14	миллерит	Малеев В.П. и др.	1965	к.в. серпентиниты
15	пирит	Малеев В.П. и др.	1960	алеврит карстовый и др. породы
16	марказит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	мраморы
17	молибденит	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	мраморы
18	пентландит	Малеев В.П. и др.	1965	серпентиниты
19	халькопирит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	мраморы, амфиболиты
20	арсенопирит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	мраморы
21	козалит	Суставов С.Г. и др.	2003	кварцевые жилы в мраморах
22	хейровскит	Суставов С.Г. и др.	2003	кварцевые жилы в мраморах
23	никелин	Малеев В.П. и др.	1960	керзиниты (руды)
24	бравойт	Суставов С.Г. и др.	2003	к.в. серпентинитов
Окислы и гидроокислы				
25	лед	-	-	поверхность
26	кварц	Воробьев В.И.	1901	граниты, гранито-гнейсы
27	кристобалит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	к.в. серпентинитов
28	тридимит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	к.в. серпентинитов
29	опал	Ферсман А.Е.	1925	к.в. серпентинитов
30	корунд	Малеев В.П. и др.	1960	карстовые отложения
31	рутил	Малеев В.П. и др.	1960	жильные граниты
32	анатаз	Малеев В.П. и др.	1960	сиаллит (глинистая порода)
33	пирролюзит	Кецко О.Г. и др.	1996	к.в. (перенесенные)
34	гематит	Малеев В.П. и др.	1960	серпентиниты и сланцы
35	уранинит	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	лепидолит-альбитовые пегматиты
36	торианит	Захаров А.В. и др.	2017	плагиоклазиты
37	касситерит	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	лепидолит-альбитовые пегматиты
38	вернадит	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	к.в. гранитных пегматитов
39	хризоберилл	Кайнов В.И. и др.	1986	гранитные пегматиты
40	ганит	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	лепидолит-альбитовые пегматиты
41	магнетит	Малеев В.П. и др.	1960	серпентиниты
42	хромит	Малеев В.П. и др.	1960	серпентиниты

Продолжение таблицы 1.1

№	Минерал	Автор	Год	Место первой находки, порода
43	шпинель	Малеев В.П. и др.	1960	карстовые отложения, мраморы
44	цинкохёгбо-мит	Захаров А.В. и др.	2019	гранитные пегматиты
45	герцинит ?	Бидный А.С. и др.	2012	карбонат-флогопитовая жила
46	ильменит	Малеев В.П. и др.	1960	гранитные пегматиты
47	литиофорит?	Ханин Д.А., Захаров А.В.	2012	к.в. гранитных пегматитов
48	асболан	Чухров Ф.В. и др.	1982	к.в. серпентинитов
49	коронадит	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	к.в. гранитных пегматитов
50	голландит	Чухров Ф.В. и др.	1982	к.в. серпентинитов
51	тодорокит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	к.в. серпентинитов
52	брусит	Малеев В.П. и др.	1965	серпентиниты
53	гётит	Малеев В.П. и др.	1960	к.в. серпентинитов
54	гиббсит	Малеев В.П. и др.	1960	к.в. хлоритолитов и сланцев
55	бёмит	Кисин А.Ю.	2005	мраморы
Тантало-ниобаты				
56	колумбит-(Mn)	Бонштедт Э.М.	1925	лепидолит-альбитовые пегм.
57	колумбит-(Fe)	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	гранитные пегматиты
58	колумбит-(Mg)	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	гранитные пегматиты
59	колумбит-(Sb)	Ферсман А.Е.	1940	лепидолит-альбитовые пегм.
60	танталит-(Mn)	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	гранитные пегматиты
61	танталит-(Fe)	Паутов Л.А.	1980	гранитные пегматиты
62	танталит-(Mg)	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2003	гранитные пегматиты
63	танталит-(Sb)	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	лепидолит-альбитовые пегматиты
64	танталит-(Bi)	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	лепидолит-альбитовые пегматиты
65	микролит-(Pb)	Меметова Л.Р. и др.	2003	лепидолит-альбитовые пегм.
66	микролит-(Bi)	Меметова Л.Р. и др.	2003	лепидолит-альбитовые пегм.
67	микролит-(U)	Меметова Л.Р. и др.	2003	лепидолит-альбитовые пегм.
68	фторнатро-микролит	Хиллер В.В., Захаров А.В.	2018	лепидолит-альбитовые пегматиты
69	фторкальцио-микролит	Хиллер В.В., Захаров А.В.	2018	лепидолит-альбитовые пегматиты
70	пирохлор	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
71	пирохлор-(Pb)	Ерохин Ю.В. и др.	2014	гранитные пегматиты
72	пирохлор-(U)	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
73	ишикаваит	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
74	ферсмит	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	плагиоклазиты
75	эксенит-(Y)?	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	гранитные пегматиты
76	эшинит?	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	лепидолит-альбитовые пегматиты
Силикаты				
77	форстерит	Малеев В.П. и др.	1965	амфибол-оливиновые породы
78	фенакит	Попов В.А, Канонеров А.А	1996	плагиоклазиты
79	циркон	Малеев В.П. и др.	1960	гранитоиды
80	коффинит	Ерохин Ю.В. и др.	2010	гранитные пегматиты
81	альмандин	Меметова Л.Р. и др.	2005	гранитные пегматиты

Продолжение таблицы 1.1

№	Минерал	Автор	Год	Место первой находки, порода
82	гроссуляр	Попов В.А.	2012	мраморы (карбонатит)
83	андрадит	Попов В.А.	2012	мраморы (карбонатит)
84	спессартин	Кайнов В.И., Русская Т.В.	1999	гранитные пегматиты
85	ставролит	Малеев В.П. и др.	1960	сиаллит (переотложенная глинистая порода)
86	топаз	Ферсман А.Е.	1922	гранитные пегматиты
87	дюмортьерит	Кайнов В.И., Русская Т.В.	1999	гранитные пегматиты
88	андалузит	Ферсман А.Е.	1962	плагиоклазиты
89	кианит	Малеев В.П. и др.	1960	карстовые отложения
90	силлиманит	Малеев В.П. и др.	1965	роговики
91	мейонит	Ханин Д.А., Захаров А.В.	2013	кварцевые жилы
92	титанит	Малеев В.П. и др.	1960	гранитные пегматиты, амфиболиты
93	берилл	Воробьев В.И.	1905	лепидолит-альбитовые пегм.
94	кордиерит	Ферсман А.Е.	1962	плагиоклазиты
95	эпидот	Малеев В.П. и др.	1960	гнейсы, амфиболиты
96	цоизит	Малеев В.П. и др.	1965	эпидозиты
97	клиноцоизит	Малеев В.П. и др.	1965	эпидозиты
98	алланит (ортит)?	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	лепидолит-альбитовые пегматиты
99	шерл	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	гранитные пегматиты
100	дравит	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	гранитные пегматиты
101	увит	Попов В.А., Канонеров А.А	1996	плагиоклазиты
102	оленит	Меметова Л.Р. и др.	2005	лепидолит-альбитовые пегм.
103	россманиит	Меметова Л.Р. и др.	2005	лепидолит-альбитовые пегм.
104	эльбаит	Сердюченко Д.П. и др	1984	лепидолит-альбитовые пегм.
105	фтор-эльбаит	Хиллер В.В., Захаров А.В.	2018	лепидолит-альбитовые пегм.
106	сподумен	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	лепидолит-альбитовые пегм.
107	диопсид	Малеев В.П. и др.	1965	скарнированные породы и эпидозиты
108	геденбергит	Малеев В.П. и др.	1960	амфиболиты
109	антофиллит	Малеев В.П. и др.	1960	антофиллитовые породы
110	жедрит	Малеев В.П. и др.	1960	роговообманковые породы
111	грюнерит	Малеев В.П. и др.	1960	амфиболиты
112	тремолит	Ферсман А.Е.	1925	тремолитовый сланец
113	актинолит	Ферсман А.Е.	1962	лепидолит-альбитовые пегм.
114	магнезиальная роговая обманка	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	плагиоклазиты
115	паргасит	Лобова Е.В. и др.	2012	амфиболиты
116	эдениит	Попов В.А, Канонеров .А.А	1996	плагиоклазиты
117	чермакит	Лобова Е.В. и др.	2012	амфиболиты
118	мусковит	Малеев В.П. и др.	1960	граниты
119	парагонит?	Ширяев П.Б., Кайнов В.И.	2006	мраморы
120	флогопит	Малеев В.П. и др.	1960	сланцы, гипербазиты
121	трилитионит	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	лепидолит-альбитовые пегматиты

Продолжение таблицы 1.1

№	Минерал	Автор	Год	Место первой находки, порода
122	полилитионит	Ерохин Ю.В., Захаров А.В.	2011	лепидолит-альбитовые пегматиты
123	масутомилит	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	лепидолит-альбитовые пегматиты
124	глауконит	Малеев В.П. и др.	1960	карстовые отложения
125	каолинит	Чурсина М.Ф. и др.	1957	к.в. гранитов
126	галлуазит	Малеев В.П. и др.	1960	к.в. серпентинитов
127	монтмориллонит	Малеев В.П. и др.	1960	к.в. гранитов и серпентинитов
128	сепиолит	Малеев В.П. и др.	1960	к.в. серпентинитов
129	нонтронит	Малеев В.П. и др.	1960	к.в. серпентинитов
130	палыгорскит?	Малеев В.П. и др.	1965	пироксениты
131	вермикулит	Малеев В.П. и др.	1960	вермикулитовые сланцы
132	антигорит	Малеев В.П. и др.	1960	серпентиниты
133	хризотил	Малеев В.П. и др.	1960	серпентиниты
134	лизардит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	серпентиниты
135	тремолит	Кандыкин Ф.И.	1922	лепидолит-альбитовые пегм.
136	непуит	Витовская И.В. и др	1970	к.в. серпентинитов
137	талък	Ферсман А.Е.	1925	серпентиниты
138	уиллемсит	Захаров А.В., Ерохин Ю.В.	2013	к.в. серпентинитов
139	амезит	Малеев В.П. и др.	1960	тремолит-хлоритовые породы
140	клинохлор	Малеев В.П. и др.	1960	хлоритовые сланцы
141	шамозит	Малеев В.П. и др.	1960	к.в. серпентинитов
142	кукеит	Гинзбург А.И.	1953	лепидолит-альбитовые пегм.
143	стевенсит	Ерохин Ю.В., Захаров А.В.	2017	лепидолит-альбитовые пегматиты
144	ортоклаз	Малеев В.П. и др.	1960	граниты, гранито-гнейсы
145	микроклин	Малеев В.П. и др.	1960	граниты
146	альбит	Ферсман А.Е.	1925	граниты, гранито-гнейсы
147	анортит	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
148	петалит	Крыжановский В.И.	1911	лепидолит-альбитовые пегм.
149	данбурит?	Мельницкий В.В.	1955	лепидолит-альбитовые пегм.
150	поллуцит	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	лепидолит-альбитовые пегматиты
151	гармотом	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	лепидолит-альбитовые пегматиты
152	палыгорскит?	Малеев В.П. и др.	1965	пироксениты
153	пумпеллиит?	Малеев В.П. и др.	1965	эпидозиты
154	волластонит?	Малеев В.П. и др.	1965	в скарнированных породах и эпидозитах
155	аксинит?	Малеев В.П. и др.	1965	вермикулитовые породы
Карбонаты				
156	арагонит	Малеев В.П. и др.	1960	к.в. серпентинитов
157	кальцит	Ферсман А.Е.	1925	серпентиниты
158	магнезит	Малеев В.П. и др.	1960	талък-карбонатные породы
159	сидерит	Малеев В.П. и др.	1960	антофиллитовые породы
160	доломит	Витовская И.В., Шакина Л.С	1970	к.в. серпентинитов
161	анкерит	Малеев В.П. и др.	1960	к.в. серпентинитов

Продолжение таблицы 1.1

№	Минерал	Автор	Год	Место первой находки, порода
162	малахит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	мраморы
163	азурит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	мраморы
164	бастнезит	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	гранитные пегматиты
165	бисмутит	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	граниты
Фосфаты				
166	фторапатит	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2008	лепидолит-альбитовые пегм.
167	монацит-(Ce)	Ерохин Ю.В. и др.	2010	жильные граниты и гранитные пегматиты
168	ксенотим-(Y)	Ерохин Ю.В. и др.	2010	жильные граниты и гранитные пегматиты
169	чералит	Пеков И.В., Меметова Л.Р.	2002	лепидолит-альбитовые пегматиты
170	литофиллит?	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	лепидолит-альбитовые пегматиты
171	гердерит?	Миронов А.И., Казанцев А.З.	1972	лепидолит-альбитовые пегматиты
Сульфаты				
172	барит	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
173	англезит	Сустанов С.Г. и др.	2003	кварцевые жилы в мраморах
174	гексагидрит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	на испарительном барьере
175	эпсомит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	на испарительном барьере
176	мелантерит	Емлин Э.Ф. и др.	2002	на испарительном барьере
177	дворникит?	Попов В.А., Канонеров А.А.	1999	к.в. серпентинитов
178	Ni-гексагидрит	Юшкин Н.П. и др.	1986	на испарительном барьере
179	моренозит?	Захаров А.В. и др.	2012	на испарительном барьере
Галоиды				
180	флюорит	Чурсина М.Ф. и др.	1957	гранитные пегматиты

Примечание: гранитные пегматиты соответствуют топаз-берилловым; полужирным шрифтом выделены минералы, которые описаны при участии автора; ? - минерал требует подтверждения; к.в. – кора выветривания.

К сожалению, табличная форма представления минералов не может отразить все нюансы открытия или находок некоторых минералов. К примеру, ярко выраженный васильково-синий апатит Липовки был установлен А.Е. Ферсманом еще в 1925 году, но как фторапатит определен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] значительно позднее. Тот же цветной турмалин, как рубеллит или малиновый шерл описывался еще в 1901-1905 гг. В.И. Воробьевым [26, 27] и П.Л. Дравертом [42], а позднее данный минерал был определен как эльбаит [184]. Эти же авторы описывали в копиях Липовки «сиреневую слюду», которую позднее А.Е. Ферсман определил как лепидолит, а на данный момент слюда представляет собой твердый раствор трилитоинита-полилитоинита. Уже значительно позднее, в различных производственных отчетах [142, 151], упоминались минералы группы микролита, колумбита и пирохлора, а также монацит и

ксенотим, но так как они не были определены до минерального вида, то в таблице приведены ссылки на более поздние источники с достоверным определением данных минералов. По количеству минеральных видов Липовское рудное поле хоть и уступает Кольскому полуострову (Хибинские горы) и Ильменским горам (где на площади 303,8 кв. км насчитывается 268 минералов [124]), но по всей видимости занимает лидирующее место в России.

1.2 Выводы по Главе 1

История изучения и освоения исследуемого объекта насчитывает порядка 225 лет, поэтому она довольно насыщена различными историческими и научными фактами, и событиями. В разные годы, объект притягивал к себе различных видных исследователей, промышленных разработчиков недр и простых любителей камня. Условно (исторически) можно выделить несколько этапов изучения и освоения сначала Липовских копей, затем Липовского месторождения силикатно-никелевых руд или рудного поля, а позже Липовского жильного поля.

Первый этап – "дореволюционный", начат с освоения, найденного случайно, проявления розовых турмалинов и изучения минералов копей видными исследователями, такими как В.И. Воробьев (1901-1905 годы), П.Л. Драверт (1904 г.), В.И. Вернадский (1911 г.), К.А. Ненадкевич и В.И. Крыжановский (1911 г.), А.Е. Ферсман (1912-1916 годы и позже).

Второй этап – "советский", в этот период основное внимание на Липовском рудном поле уже уделялось разведке и отработке силикатных никелевых руд. На основании проведения масштабных геологоразведочных работ, был составлен целый ряд производственных отчетов касающихся подсчета запасов, вещественного состава силикатно-никелевых руд и вмещающих их пород. Таким образом, этот этап неразрывно связан с эксплуатацией Липовского месторождения силикатных никелевых руд, работы на котором были прекращены в 1991 году.

Третий этап – "современный", начало которому в 90-е годы прошлого века положили сотрудники кафедры МПГ УГГА (ныне УГГУ, г. Екатеринбург) обобщившие многочисленные сведения, касающиеся геологии и минералогии Липовского месторождения и внесшие свой немалый вклад в изучение минералогии пегматитов. В это же время исследованием минералогии плагиоклазитов занимались В.А. Попов и А.А. Канонеров. Позже, с 2002 по 2008 годы очень большой вклад в описание минералогии пегматитов был сделан И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой, ими была составлена самая полная сводка минералов встреченных в пегматитах Липовки. С 2009 года и по настоящее время, исследованием минералогии пегматитов и плагиоклазитов данного объекта занимается диссертант.

ГЛАВА 2 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ РАЙОНА ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ

Изложенные в этой главе сведения о геологии района основаны на данных из различных литературных источников, с незначительными дополнениями автора. Характеристика геологических структур, стратиграфических подразделений и магматических комплексов приведена в соответствии с легендой Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 последней редакции, объяснительной запиской к ней [38] и данным И.И. Казакова с соавторами [101, 102]. Обзорная геологическая карта приведена на рисунке 2.1.

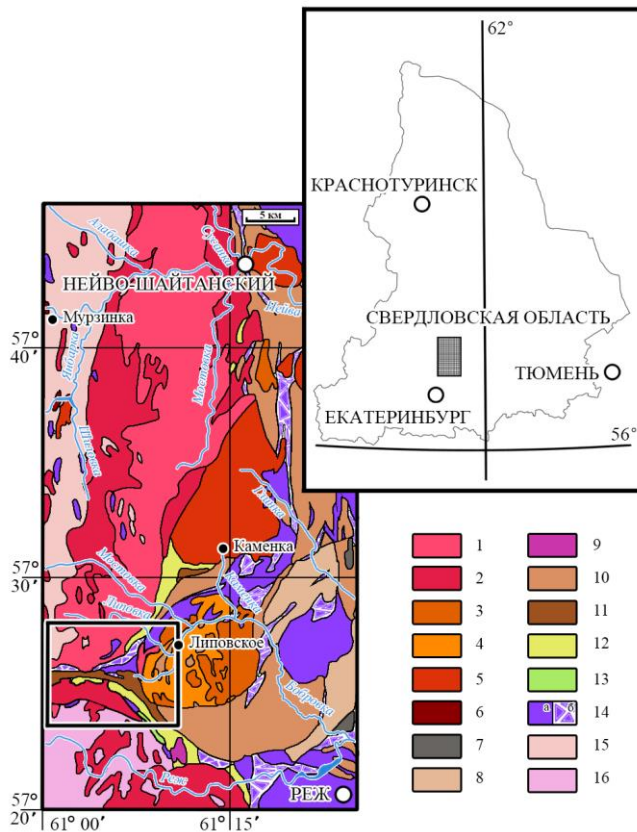


Рисунок 2.1 – Обзорная геологическая карта домеловых образований, составлена по И.И. Казакову [102], с незначительными изменениями автора

Условные обозначения: объект исследования выделен прямоугольником;

1 – Мурзинский гранит-лейкогранитовый комплекс, ранний-средний триас (T_{1-2m}); монцодиорит-граносиенит-лейкогранитовый комплекс, ранняя пермь;
2 – Адуйский гранитный комплекс, поздняя пермь (P_{3ad}); 3-4 – Петуховский

3 – Лейкограниты, граниты (P_{1pt}), 4 – Монцодиориты, кварцевые сиениты (P_{1pt}); 5 – Каменский гранодиорит-гранитовый комплекс, поздний карбон (C_{3km}); 6 – Южаковский тоналит-плагиогранитовый комплекс, ранний карбон (C_{1j}); 7 – Бекленищевская свита. Известняки, песчаники, алевролиты. Ранний карбон (C_{1bk}); 8 – Маминская толща. Базальты, андезибазальты. Средний-поздний девон (D_{2-3mm}); 9 – Алтынайский комплекс. Диориты. Ранний-поздний девон (D_{1-2al}); 10 – Рудянская толща. Базальты, андезибазальты. Ранний-поздний девон (D_{1-2rd}); 11 – Терригенно-карбонатная толща, ранний девон (D_{1tc}); 12 – Биотит-кварцевые, плагиоклаз-кварц-серицитовые кристаллические сланцы колюткинской свиты (S_{2-3kl}); 13 – Вулканыты белоярской толщи (O_{3bj}); 14 – а) Дуниты, гарцбургиты и серпентиниты Алапаевского комплекса (V), б) полимиктовый серпентинитовый меланж; 15 – Алабашская серия. Гнейсы биотитовые, биотит-амфиболовые, кристаллические сланцы биотит-плагиоклаз-кварцевые и мрамора (RF_{2ab}); 16 – Адуйский комплекс. Плагиогнейсы биотит-амфиболитовые, гранитогнейсы (RF_{1ad})

2.1 Положение Липовского жильного поля в структуре Урала

Липовское жильное поле располагается в 70 км к северо-востоку от г. Екатеринбурга и в 20 км к северо-западу от г. Реж (рисунок 2.1), в пределах восточного сектора Среднего Урала и приурочено к зоне сочленения двух крупных геологических структур: Мурзинско-Адуйского антиклинория на западе и Алапаевско-Теченского синклинория на востоке [38] (рисунок 2.2).

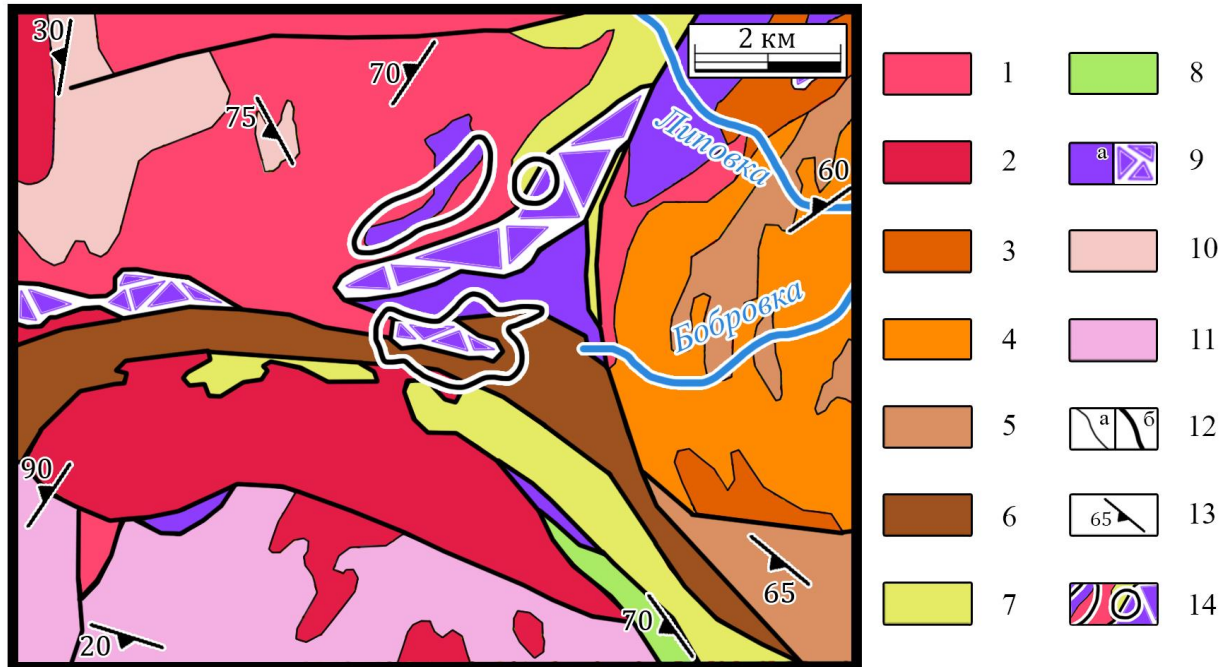


Рисунок 2.2 – Геологическая схема домеловых образований Липовского жильного поля составлена по [102], с незначительными изменениями автора

Условные обозначения: 1 – Мурзинский гранит-лейкогранитовый комплекс, ранний-средний триас (T_{1-2m}); 2 – Адуйский гранитный комплекс, поздняя пермь (P_{3ad}); 3-4 – Петуховский монцодиорит-граносиенит-лейкогранитовый комплекс, ранняя пермь: 3 – лейкограниты, граниты (P_{1pt}), 4 – монцодиориты, кварцевые сиениты (P_{1pt}); 5 – рудянская толща: базальты, андезитбазальты, ранний-поздний девон (D_{1-2rd}); 6 – терригенно-карбонатная толща, ранний девон (D_{1tc}); 7 – биотит-кварцевые, плагиоклаз-кварц-серицитовые кристаллические сланцы колюткинской свиты, средне-поздне силурийского возраста (S_{2-3kl}); 8 – вулканы белоярской толщи, поздне ордовикского возраста (O_{3bj}); 9 – а) дуниты, гарцбургиты и серпентиниты алапаевского комплекса (V), б) полимиктовый серпентинитовый меланж; 10 – алабашская серия: гнейсы биотитовые, биотит-амфиболовые, кристаллические сланцы биотит-плагиоклаз-кварцевые и мрамора (RF_{2ab}); 11 – Адуйский комплекс: плагиогнейсы биотитовые, биотит-амфиболитовые, гранитогнейсы (RF_{1ad}); 12 – геологические границы: а) интрузивные контакты, б) разрывные тектонические нарушения; 13 – элементы залегания гнейсовидности, сланцеватости горных пород; 14 – карьеры

Согласно работе [38], Мурзинско-Адуйский антиклинорий представляет собой блок допалеозойской сиалической коры, сложенный глубоко метаморфизованными толщами (амфиболитовая фация), к восточной части которого приурочены, одни из наиболее крупных на Урале, Мурзинский и Адуйский гранитные батолиты. В строении Алапаевско-Теченского синклинория (часто фигурирующего также под названием Восточная зона Среднего Урала) принимает участие широкий спектр вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных толщ палеозойского возраста, а также разнообразные по составу прорывающие их интрузивные породы (рисунки 2.1 и 2.2).

Указанные структуры разделены системой разрывных нарушений, которая трассируется полосой интенсивно рассланцованных пород, бластомилонитов и меланжа с цепочкой дунит-гарцбургитовых и дунит-гарцбургит-габбровых массивов офиолитовой ассоциации. При этом, широко проявившиеся в этой зоне процессы деформаций, не затрагивают граниты коллизионной стадии развития региона (Мурзинский, Адуйский, Соколовский и др. массивы). Полоса рассланцованных пород в пределах поля (рисунок 2.2), по А.Ю. Кисину [108, 110], это "мощная (более 1 км) зона мегамеланжа, которая включает блоки различных по составу, генезису и возрасту пород (серпентинитов, мраморов, амфиболовых гнейсов, амфиболитов гранитоидов, гидротермально-метасоматических образований и др.)". В целом, Липовское жильное поле приурочено к телам гранитов, серпентинитов и других пород, залегающих в пределах зоны деформированных пород, на контакте с Мурзинским и Адуйским гранитными массивами.

2.2 Стратиграфия Липовского жильного поля и его ближайшего окружения

Стратифицированные образования жильного поля и его ближайшего окружения представлены разнообразными по составу и генезису ассоциациями пород, формировавшимися в широком возрастном диапазоне и изложены в соответствии с [38], за исключением некоторых изменений по [102]. Метаморфические толщи Мурзинско-Адуйского антиклинория подразделяются на нижнерифейский адуйский комплекс и среднерифейскую алабашскую серию. В пределах Алапаевско-Теченского синклинория выделяются белоярская толща (O_{3bj}), колюткинская свита (S_{2-3kl}), терригенно-карбонатная (D_{1 tc}), рудянская D_{1-2rd}, маминская (D_{2-3mm}) толщи, бекленищевская (C_{1bk}) свита.

2.2.1 Адуйский комплекс (RF_{1ad})

Комплекс включает плагиогнейсы биотитовые и биотит-амфиболовые, амфиболиты, пироксеновые амфиболиты и мигматиты с редкими прослоями и линзами кварцитов и мраморов, ранее выделявшиеся в качестве мурзинской свиты. Породы претерпели полихронный сиалический плутонометаморфизм на уровне амфиболитовой фации [107]. Мощность комплекса достигает 3500 м [38, 102].

2.2.2 Алабашская серия (RF_{2ab})

Породы серии представлены кристаллическими плагиосланцами (биотитовыми, двуслюдяными, биотит-амфиболовыми, амфиболовыми (часто графитсодержащими, иногда с гранатом)), гнейсами (амфиболовыми, биотит-амфиболовыми, биотитовыми), кварцитами, сланцами слюдисто-кварцевыми и графит-кварцевыми, кальцифирами и мраморами. В основании разреза наблюдаются тела магнетитсодержащих амфиболитов. Все породы метаморфизованы на уровне эпидот-амфиболитовой, частично амфиболитовой фации. Возраст алабашской серии, по данным [119 и др.], отвечает среднему-позднему рифею, мощность достигает 3000 м [38].

2.2.3 Белоярская толща (O_{2bj})

В пределах характеризуемого района толща представлена породами, метаморфизованными в условиях амфибол-роговиковой фации: метабазальтами, метаандезибазальтами, метадацитами, метариолитами, сланцами апобазальтовыми и углеродисто-кварцевыми, микроамфиболитами, кварцитами, мраморизованными известняками и мраморами. Контакты толщи с подстилающими и перекрывающими образованиями тектонические. Возраст толщи установлен на основании находок раннесилурийских конодонтов в прослоях известняков [38, 102].

2.2.4 Колоткинская свита (S_{2-zkl})

В состав свиты входят сланцы (углеродисто-кремнистые, кремнистые), песчаники, алевролиты, яшмоиды, сланцы (серицит-кварцевые, полевошпат-кварцевые, иногда с гранатом, ставролитом, кианитом), кварциты (иногда графитистые), редко метабазальты, микроамфиболиты, мраморы. Породы метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций, на локальных участках проявился метаморфизм амфибол-роговиковой фации. Возраст толщи принят как ранний-поздний силур, с учетом находок амфипор предположительно позднего силура. Мощность свиты – до 1800 м [38, 102].

2.2.5 Терригенно-карбонатная толща (D_{1 tc})

Разрез толщи мощностью до 250-300 м в пределах описываемого участка сложен кальцитовыми мраморами с подчиненными горизонтами (мощностью до 10-20 м) биотитовых и амфибол-биотитовых сланцев, субстратом которых являлись глинисто-кремнистые и карбонатно-глинисто-кремнистые осадки. Породы толщи претерпели интенсивные преобразования на уровне амфибол-роговиковой фации контактового метаморфизма [100]. Возраст терригенно-карбонатной толщи определяется на основании находок криноидей в известняках, характерных для пражского яруса раннего девона [38].

2.2.6 Рудянская толща D1-2rd

В составе подразделения выделяются: базальты афировые и порфиоровые, риолиты, риодациты, дациты, их туфы и игнимбриты, вулканомиктовые песчаники, алевролиты, туффиты, прослой кремнистых туффитов, конгломератов, известняков, редко андезибазальты, андезиты и их туфы. Возраст рудянской толщи принят как позднеэйфельско-раннеживетский на основании находок комплекса фауны. Мощность толщи не превышает 1500 м [38, 100, 102].

2.2.7 Маминская толща (D2-3mm)

Толща представлена порфиоровыми базальтами и андезибазальтами, их туфами и туффитами с горизонтами кремнистых пород и туфопесчаников. В породах Маминской толщи были найдены фаунистические остатки фораминифер и конодонтов [141], что позволяет определить возраст толщи как поздний живет-ранний фран. Мощность толщи 2500-2700 м [38].

2.2.8 Бекленищевская свита C1bk

В состав свиты входят песчаники, алевропелиты (часто углеродистые), углистые аргиллиты, базальты, андезибазальты, андезиты, дациты, риодациты, их туфы, туффиты, туфопесчаники, туфоконгломераты, известняки. Возраст свиты определяется находками фораминифер бурлинского, устьгреховского и жуковского горизонтов визейского яруса [195]. Мощность свиты не превышает 2000 м [38].

2.3 Плутонические породы

2.3.1 Алапаевский комплекс дунит-гарцбургит-габбровый ($\sigma V a1_1$; $\Sigma V a1_1$; $vV a2_1$)

Породы этого комплекса, представляющие собой типичную ассоциацию офиолитового типа, слагают Алапаевский, Режевской, Останинский, Точильногорский, Баженовский, Ключевской, ряд более мелких массивов и многочисленные небольшие линейные в плане тела в зонах разрывных дислокаций. Форма слагаемых ими тел пластообразная или линзообразная, контакты с вмещающими породами всегда тектонические. Характерно расланцевание и развальцевание пород, текстуры будинажа, особенно в мелких телах и в приконтактных зонах крупных массивов, сопровождающиеся, как правило, формированием тальк-карбонатных метасоматитов. Породы комплекса, в настоящее время, делятся на две интрузивные фазы: первая – дуниты ($\sigma V a1_1$), ультрамафиты нерасчлененные (дуниты, гарцбургиты, лерцолиты, серпентиниты, тальк-карбонатные породы) ($\Sigma V a1_1$); вторая – габбро ($vV a2_1$). Возраст алапаевского комплекса принят вендским, на основании результатов изотопного датирования [38, 100 и др.].

2.3.2 Петуховский комплекс монцодиорит-лейкогранитовый ($\mu\delta P1pt_1$; $l\gamma P1pt_2$)

Породы петуховского комплекса слагают цепочку массивов, вытянутую в субмеридиональном направлении, которая сечёт современную тектоническую структуру Урала, сформировавшуюся на протяжении коллизионного этапа развития региона. В пределах

описываемого района, этот комплекс, представлен изометричным в плане Соколовским монцодиорит-гранитным массивом (рисунки 2.1 и 2.2). На геологических картах последних редакций выделяется две фазы внедрения пород этого комплекса: первая фаза – монцодиориты ($\mu\delta P_1pt_1$), кварцевые монцониты и монцониты (μ), сиениты (ξ); вторая фаза – лейкограниты (μP_1pt_2), граниты (γ), субщелочные граниты ($\epsilon\gamma$) [38, 100 и др.].

Раннепермский возраст комплекса (около 280 млн лет) обоснован многочисленными изотопными датировками по аналогичным породам в разных частях Урала, в том числе, сходящийся возраст 281 ± 5 и 282 ± 5 млн лет был получен К-Аг методом по паре амфибол-биотит из сиенита Соколовского массива [117].

2.3.3 Адуйский комплекс гранитовый (γP_3a)

В состав комплекса включены граниты двуслюдяные, биотитовые средне-, мелкозернистые, порфиroidные, слагающие Адуйский, западную часть Мурзинского массивов и ряд более мелких тел. Формирование комплекса, по имеющимся данным, включало две фазы внедрения. Гранитоиды разных фаз отличаются, главным образом, по структурно-текстурным особенностям. Для пород первой фазы характерно изменчивость структур и текстур. Они представлены гнейсовидными, такситовыми, порфиробластическими, средне- и крупнозернистыми, реже пегматоидными разновидностями. Граниты второй фазы отличаются равномернозернистыми структурами. Жильная фаза представлена лейкократовыми гранитами, аплитами, пегматитами. Позднепермский возраст гранитоидов надёжно обоснован результатами изотопного датирования [38, 101, 172, 210].

2.3.4 Мурзинский комплекс гранитовый (T_1-2m)

Комплекс включает граниты, слагающие восточную часть Мурзинского массива и ряд более мелких тел [38, 211]. В краевых частях этих массивов развиты гнейсовидные неравномернозернистые, порфиroidные, пегматоидные биотитовые граниты ранней фазы, в центральных – однородные средне- и крупнозернистые биотитовые и двуслюдяные граниты второй фазы, линейные тела пегматоидных гранитов третьей фазы с берилл-топазовой минерализацией развиты в западном экзоконтакте массива. От тесно ассоциирующих с ними, близких по составу пород адуйского комплекса, граниты мурзинского комплекса хорошо отличимы как по ряду структурно-текстурных особенностей, так и по содержанию и распределению большинства редких и рассеянных элементов. Возраст комплекса на основе результатов изотопного датирования считается ранне-средне-триасовым [102 и др.].

2.4 Геологическое строение Липовского жильного поля

Липовское жильное поле (рисунок 2.2.) условно совпадает с видимыми границами одноименного, отработанного к настоящему времени, месторождения силикатных никелевых руд, вскрытого несколькими, расположенными на удалении, около 1 км друг от друга,

карьерами. Два из них (№6 и №7) располагаются в пределах тела серпентинитов размером около 1×7 км в юго-восточном эндоконтакте позднепалеозойского Мурзинского гранитного массива. Еще один, малый карьер (№8), расположен в 300м восточнее, на границе серпентинитов и мраморов, а два последних (№3 и №4) – в метаморфическом обрамлении Мурзинского и Адуйского гранитных массивов.

По А.Ю. Кисину и др. [108], в западной части участка зона мегамеланжа, имеющая субширотное простирание, разделяет Мурзинский и Адуйский гранитные массивы. В восточном направлении она расщепляется на две ветви, следуя контурам этих массивов. Установлено наличие кливажа течения в мраморах. В обрамлении Мурзинского массива кливаж имеет азимут простирания 40°, в породах экзоконтакта этого массива – 16-22°, угол падения – 70-80°. В обрамлении Адуйского массива азимут простирания кливажа – 280°, угол падения – 80°. Субконформность трещин кливажа границам массивов позволяет предполагать генетическую связь между процессами образования кливажа и становлением массивов [108].

Все образования (серпентиниты, мрамора, амфиболовые гнейсы, амфиболиты, гранитоиды и др.), входящие в состав мегамеланжа имеют следы интенсивных деформаций, в результате которых часто превращены в сланцы и бластомилониты (рисунок 2.3) и секутся многочисленными, различными по составу, породами жильного комплекса, среди которых преобладают дайки среднезернистых, крупнозернистых и пегматоидных гранитов, плагиогранитов, аплитов, пегматитов и кварцевые жилы (рисунки 2.4 и 2.5). Реже встречаются дайки диоритов и лампрофиров [44, 163 и др.].



Рисунок 2.3 – Рассланцованные серпентиниты (карьер №7 Липовского жильного поля)

Как правило, дайки имеют крутое падение и секут структуру вмещающих их пород, но достаточно часто они приурочены к зонам разрывных нарушений, отделяющих серпентиниты

от мраморов и гнейсов. В северной части месторождения преобладают трещины и дайки северо-восточного простирания с углами падения $30-80^\circ$, в центральной части – широтного (углы падения $40-80^\circ$) и северо-западного (углы падения $20-60^\circ$), а в южной – всех четырех направлений в том числе и субмеридионального, с последним направлением связаны трещины и дайки с крутым падением под углами $50-80^\circ$ [145].



Рисунок 2.4 – Жила пегматоидного гранита в мраморе, мощность жилы 50 см



Рисунок 2.5 – Аплитовый прожилок, секущий мрамор (карьер №8)

2.5 Выводы по Главе 2

Сложная геологическая обстановка, в которой расположено Липовское жильное поле, обусловлена рядом геологических факторов. Во-первых, объект расположен в зоне сочленения Мурзинско-Адуйского антиклинория (включающего в себя Мурзинский и Адуйский гранитные батолиты) и Алапаевско-Теченского синклинория, включающего в себя большое разнообразие пород, в том числе и массивы офиолитовой ассоциации, которые сопровождают систему разрывных нарушений. Во-вторых, все разнообразные по составу и возрасту вмещающие породы секутся многочисленными, разновозрастными жильными телами, преимущественно гранитного состава. И в-третьих это наличие мезозойских карстовых систем и сопряженных с ними линейно-площадных кор выветривания серпентинитов и гранитоидов.

Вклад автора кандидатской диссертации, в изучение геологии Липовского жильного поля, заключается в картировании пегматитовых тел и плагиоклазитов, а также составление реестра и схем строения, наиболее представительных из них (Глава № 3 данной работы).

ГЛАВА 3 РАСПОЛОЖЕНИЕ И СТРОЕНИЕ ПЕГМАТИТОВЫХ ЖИЛ И ПЛАГИОКЛАЗИТОВ В ПРЕДЕЛАХ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ

3.1 Расположение и строение гранитных (топаз-берилловых) пегматитов

Пегматиты этого типа относятся по классификации А.Е. Ферсмана к пегматитам чистой линии, так как располагаются в гранитах или породах близких к ним по своему составу. Внутригранитные пегматиты по своим минералогическим признакам ближе всего соответствуют топаз-берилловому типу (см. Главу 4 диссертации) и являются самыми распространенными пегматитовыми телами в пределах Липовского жильного поля. Так, по данным А.И. Миронова и А.З. Казанцева [142], гранитные пегматиты наблюдаются в карьерах Л-4 и Л-3 и представлены мелкими, слабо-дифференцированными, местами зональными жилами или шшироподобными обособлениями. Они приурочены к жильным лейкократовым и мусковитовым гранитам.

Всего в пределах Липовского жильного поля установлено 84 тела этого типа пегматитов (рисунки 3.1-3.3), при этом тела имеют различную мощность. Как правило, все эти жилы расположены в жильных и массивных гранитах, намного реже в серпентинитах и мраморах. Пегматиты вынесены на схему по координатам.



Рисунок 3.1 – Схема расположения различных типов жил пегматитов в пределах карьера №6

Липовского жильного поля (желтым и зеленым цветами обозначены жилы гранитных пегматитов, розовым – литиеносных и синим – плагиоклазитов); космоснимок взят из Google Earth (2016 год)



Рисунок 3.2 – Схема расположения гранитных (топаз-берилловых) пегматитов и плагиоклазитов в пределах большого мраморного карьера №4-5 Липовского жильного поля (условные обозначения даны на рисунке 3.1); космоснимок взят из Google Earth (2016 год)

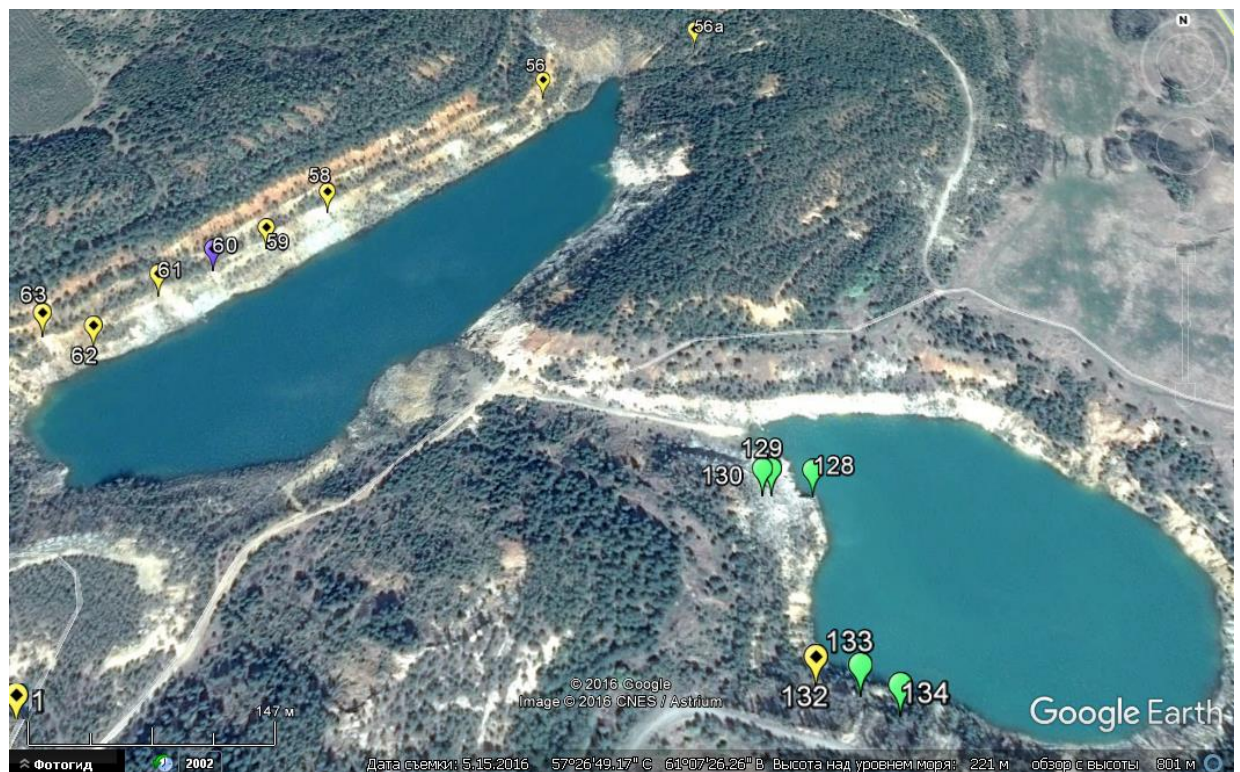


Рисунок 3.3 – Схема расположения различных типов жил в пределах карьера №7 (слева) и карьера №8 (справа) Липовского жильного поля (условные обозначения даны в рисунке 3.1); космоснимок взят из Google Earth (2016 год)

Для представительности, приведена выборка состоящая из 21 пегматитовой жилы, которые имеют мощность от 20 см и более (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Описание наиболее представительных гранитных (топаз-берилловых) пегматитов Липовки

Название карьера	Точка наблюдения	Координаты	Примечание
Между карьерами № 3 и № 7	тн 1	N 57°26'33.7" E 061°06'59.3"	Придорожная жила расположена в выветренных ультраосновных породах, в 300м к северо-востоку от карьера № 3. Мощность жилы около 30 см. Залегание ее субвертикальное, падение субширотное, она имеет хлоритовую (по флогопиту) зону до 1,5 м и антофиллитовую зону до 30 см.
Карьер № 6	тн 023	N 57°26'29.1" E 061°05'41.0"	Немецкая жила. Представлена серией внутригранитных прожилков мощностью до 50 см, с восточным падением под углом 45°. Расположена в жильном гранитном теле мощностью около 3-4 м и с восточным падением под углом от 40 до 50° (ее описание приведено ниже по тексту).
Карьер № 6	тн 024	N 57 °26'30.1" E 061°05'47.7"	Жила Сыпуха, имеет строение близкое к Дюмортьеритовой жиле (требуется расчистка).
Карьер № 6	тн 034	N 57°26'32.6" E 061°06'08.6"	Хризоберилловая жила с пологим залеганием и углом падения 15-20° на юго-запад (описана ниже по тексту).
Карьер № 6	тн 041	N 57 °26'30.5" E 061°06'02.5"	Дюмортьеритовая жила представлена серией пегматитовых прожилков залегающих в средне-крупнозернистом жильном граните. Залегание прожилков пологое и до 45°, а их мощность до 0,4 м (описание жилы приведено ниже по тексту).
Карьер № 6	тн 025	N 57°26'27.7" E 061°05'50.9"	Жила пегматита с шерлом, мощностью около 25см, залегание пологое. Аз. пр. СВ 10° (жила расположена в гранитах у дороги, при въезде в карьер).
Карьер № 6	тн 035	N 57°26'29,6" E 61°05'57.9'	Пегматитовая жила мощностью около 20 см (с крупной "графикой") в мелкозернистом граните (расположена у дороги, при въезде в карьер).
Карьер № 6	Тн 011	N 57°26'29.2" E 061°05'40.6"	Жила пегматита залегающая в серпенинитах, с хлоритовыми и флогопитовыми оторочками. Угол падения 45° (требуется расчистка).
Карьер № 6	тн 028	N 57°26'29.0" E 061°05'58.8"	Серия полого залегающих пегматитовых прожилков, мощностью до 20 см, в жильном граните.
Карьер № 6	тн 036	N 57°26'30.8" E 061°05'59.6"	Пегматитовая жила мощностью от 1 до 1,5м, на контакте гранитов и серпентинитов, падение жилы 16°, Аз. пр. 50°, с развитием флогопитовых зон по периферии.

Продолжение таблицы 3.1

Название карьера	Точка наблюдения	Координаты	Примечание
Карьер № 6	тн 037	N 57°26'30.0" E 061°06'00.8"	Серия пегматитовых жил, мощностью до 20 см, с развитием флогопитовых зон по периферии, на контакте гранитов и серпентинитов, падение жил 16°, Аз. пр. 50°. В жилах хорошо развиты зоны графика и кварцевые ядра.
Карьер № 6	тн 055	N 57°26'31.6" E 061°05'56.6"	Серия полого залегающих и субвертикальных пегматитовых прожилков, мощностью от 25 до 40 см, в жильном среднезернистом граните. Прожилки содержат бериллы и хризобериллы.
Карьер № 6	тн 071	N 57°26'43.8" E 061°06'15.0"	Полого залегающие прожилки пегматита, мощностью до 0,5 метра, в жильном граните, падение гранита субвертикальное.
Карьер № 6	тн 52	N 57°26'31,9'' E 61°06'06,3''	Пегматитовая жила с дюмортьеритом (для более детального описания жилы требуется ее расчистка).
Карьер № 6	тн 024б	N 57°26'29.4" E 061°05'58.1"	Жила Михеевская №2. Серия пегматитовых тел в дайке гранита, падение дайки северо-западное под углом 45°, а ее мощность около 1 метра.
Карьер № 6	тн 024а	N 57°26'30.1" E 061°05'47.7"	Пегматитовая жила с пологим залеганием и мощностью 20 см. Жила расположена в жильном среднезернистом граните.
Карьер № 7	тн 062	N 57°26'50.6" E 061°06'48.6"	Жила с бериллом и гранатом в гранитах (для более детального описания требуется расчистка).
Карьер № 7	тн 063	N 57°26'50.7" E 061°06'46.5"	Серия субвертикально залегающих пегматитовых прожилков мощностью до 20 см, расположенных в жильном граните, мощность которого около 3 м (сделана расчистка жилы с помощью уступов).
Карьер № 4-5 (большой мраморный)	тн 110	N 57°25'44.4" E 061°05'40.0"	Пегматитовая жила, мощностью от 1 до 1,5 метров, с субвертикальным залеганием, с большим 2х0,3м кварцевым ядром и с элементами графика. Вмещающие породы – мрамора.
Карьер № 4-5	тн 107	N 57°26'01.7" E 061°06'18.2"	Две пегматитовых жилы, мощностью около 20 см, в серпентинитах. Залегание жил субвертикальное, визуально жилы напоминают плагиоклазит.
Карьер № 4-5	тн 101	N 57°25'47.5" E 061°05'53.7"	Прожилки пегматита, мощностью до 30 см, с пологим залеганием в жильном граните.

По составу это микроклин-олигоклазовые пегматиты с турмалином и дымчатым кварцем [142]. Для них наиболее характерна гранитная и мелкопегматоидная структуры. Участками отмечается мелкографическая структура [142] или графическая структура [44]. По Э.Ф. Емлину с соавторами [44] следует, что к гранитным пегматитам можно отнести и топаз-берилловые, которые от периферии к центру "имеют устойчиво повторяющуюся внутреннюю зональность: гранит-аплитовая оторочка; кварц-микроклиновая или кварц-микроклин-альбитовая

субграфическая зона со слюдами; зона блокового микроклина; альбитовая и альбит слюдяная зона с топазом и бериллом".

По данным автора диссертации, гранитные пегматиты чаще всего залегают в телах жильных гранитов, мощность которых, обычно, не превышает первых десятков метров. Пегматитовые тела, чаще всего, имеют небольшую (порядка 10-30 см) мощность. В большинстве случаев, залегание их пологое, а форма тел линзо- и пластообразная. При этом в пегматитах, наблюдаются миаролы содержащие берилл и намного реже топаз. Реже встречаются более крутопадающие жилы этого типа пегматитов, залегающие в гранито-гнейсах, а также в серпентинитах, мраморах или других породах имеющих состав существенно отличающийся от гранитоидного. Если вмещающими породами являются серпентиниты, то на контакте с такими жилами обычно наблюдаются не более трех зон или реакционных оторочек: хлоритовая развитая по флогопитовой (или биотитовой) и внешняя - антофиллитовая. При этом средняя мощность таких жил составляет около 1 м.

По нашим данным [72], зональность гранитных (топаз-берилловых) пегматитов, от края к центру тела, представлена следующими зонами: аплитовая (мелко- и тонкозернистая) → графическая (кварц-калишпатовые срастания) → блоковая (с крупными кристаллами калишпата) → кварцевые ядра (в некоторых случаях с бериллом, реже с топазом). Иногда на контакте блоковой зоны с кварцевыми обособлениями отмечаются слюдистые зоны (вероятно, наложенная грейзенизация). В жилах наиболее хорошо проявлена зона графического срастания калиевого полевого шпата с кварцем, так называемый графический пегматит, с четким рисунком ихтиоглиптов серого кварца и присутствием обильной вкрапленности черного турмалина (шерла и железистого оленита) и джумортьерита. В этой же зоне (ближе к центру жил), а также в кварцевых обособлениях отмечаются крупные кристаллы и срастания зеленовато-желтого хризоберилла, размером до 1-2 см [72].

Далее, идет описание наиболее крупных пегматитовых жил гранитных пегматитов, расположенных в границах Липовского жильного поля.

Джумортьеритовая жила расположена в южном борту карьера № 6, в 200 метрах восточнее от главного спуска в выработку. Жильное тело, местами разнозернистого (от средне до крупнозернистого) гранита, содержащее пегматитовые обособления, имеет мощность около 9 метров и угол падения 45° (рисунок 3.4). Ось удлинения пегматитовых тел, обычно имеющих линзовидную форму, чаще всего расположена субперпендикулярно к боковым стенкам гранитной жилы (или контакту). Залегание пегматитовых прожилков от пологово до 45°, их мощность до 0,4 м, длина достигает 3 метров.

Что касается зональности пегматитовых тел, то их внешняя зона сложена среднезернистым гранитом. Далее идет зона графического пегматита, к центру сменяющаяся

блоковой зоной (не всегда ярко выраженной) и, наконец, в центре обычно присутствует кварцевое ядро сложенное дымчатым кварцем и обычно имеющее размер около 5x10 см. Мощность всех вышеперечисленных зон не является постоянной, нередко наблюдается полное отсутствие той или иной зоны в теле пегматита.

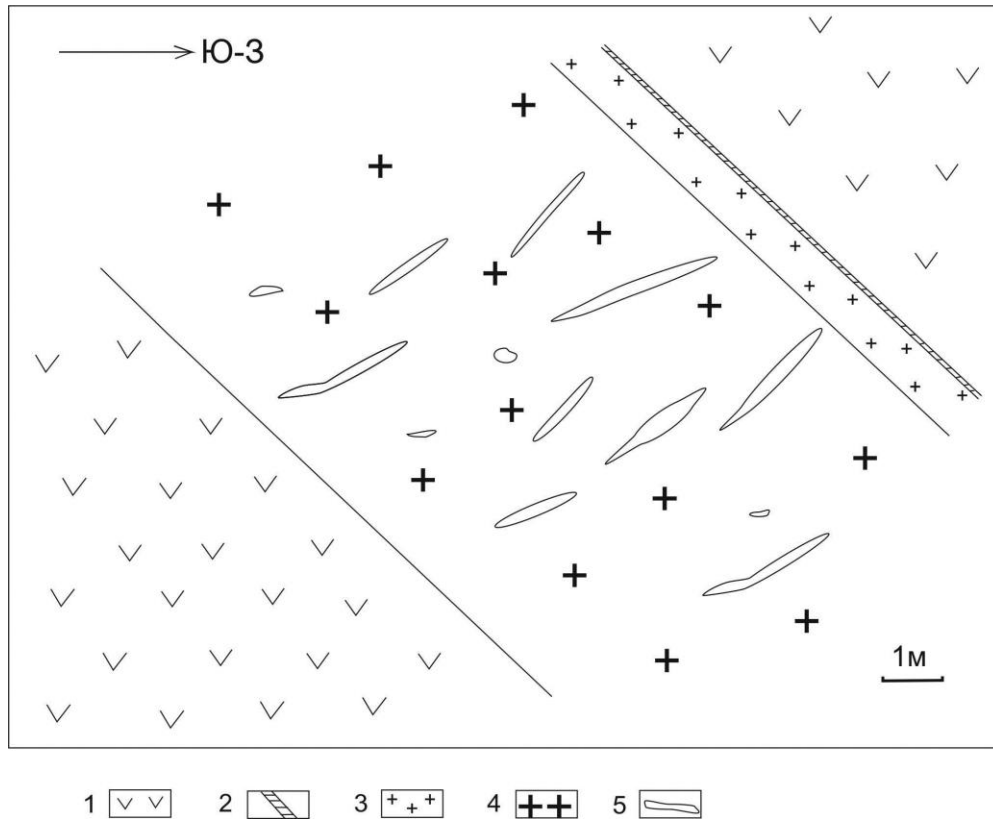


Рисунок 3.4 – Схематическое строение пегматитового тела Дюмортьеритовой жилы; вертикальный разрез; условные обозначения: 1 – серпентиниты, 2 – хлоритовая зона, 3 – гранит мелко-среднезернистый (обогащенный мусковитом), 4 – гранит средне-крупнозернистый, 5 – пегматитовые выделения

Нами [61, 240], в пегматитовых выделениях, с хорошо проявленной зоной графического пегматита и четким рисунком ихтиоглиптов серого кварца, были обнаружены: оленит, дюмортьерит, хризоберилл, самородные металлы, закономерные сростания циркона с ксенотимом (размером до 1 мм), а также вкрапленность монацита, уранинита и коффинита. Во всех остальных зонах жилы обнаружен глиноземисто-магнезиальный шерл [72]. В верхней части тела вскрыто кварцевое ядро, частично отработанное местными любителями камня.

Немецкая жила расположена в западной части карьера № 6. Жила представлена серией гранитных пегматитовых прожилков, которые имеют восточное падение с преобладающим углом 45° (местами до субвертикального) (рисунок 3.5). Пегматитовые прожилки имеют мощность до 0,5 метра и длину до 4 метров и обычно расположены по удлинению дайки средне-крупнозернистого гранита мощность которого варьирует от 3 м (в пережимах) до 10 м. Падение гранитного тела восточное, под углом от 40 до 50°.

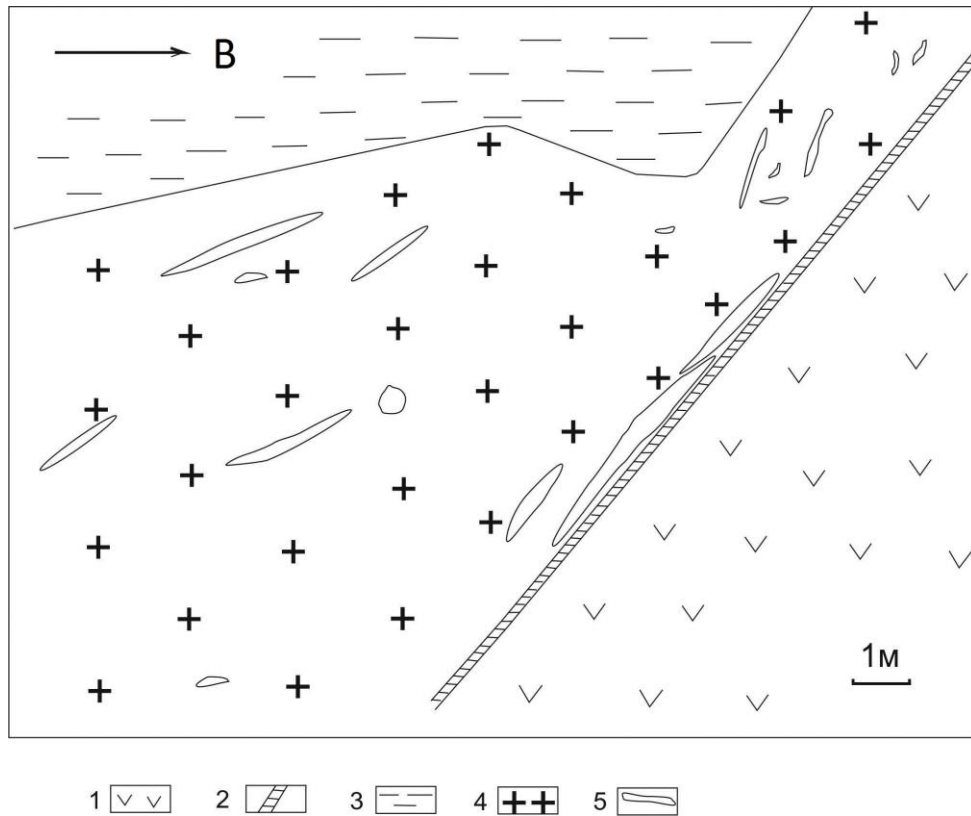


Рисунок 3.5 – Схематическое строение гранитного пегматита немецкой жилы; вертикальный разрез; условные обозначения: 1 – серпентиниты, 2 – хлорит-биотитовая зона, 3 – хлоритовый сланец, 4 – гранит средне-крупнозернистый, 5 – пегматитовые выделения

Данное жильное гранитное тело располагается среди серпентинитов и хлоритовых пород. В строении содержащихся в нем гранитных пегматитовых прожилков можно выделить следующие зоны: внешняя зона среднезернистого пегматита, следующая зона крупнозернистого пегматита, затем блокового пегматита и в центре расположено кварцевое ядро. При этом мощность зон меняется довольно значительно, вплоть до исчезновения некоторых из них.

Хризоберилловая жила. Описание жилы приведено по Д.А. Ханину и А.В. Захарову [213]. Данная жила расположена в юго-западном борту карьера № 6 Липовского никелевого месторождения. Тело расположено в жильных гранитах прослеживающихся на расстоянии 50 м параллельно борту карьера, мощность самого пегматита колеблется от 2 до 2,5 м. Жила имеет пологое залегание, с углом падения 15-20° на юго-запад. Строение жилы – зональное (рисунок 3.6). Внешняя (верхняя) часть пегматитового тела сложена аплитом, мощностью до 0,5 метра. Состав ее преимущественно плагиоклаз-кварцевый, с незначительным содержанием мусковита. Постепенно аплитовая зона сменяется двуполевошпатовым пегматитом, содержащим также незначительное количество слюды, размер зерен слюды нередко превышает 1 см. Здесь также наблюдаются крупные до 2 см зерна КПШ (ортоклаза) и плагиоклаза. В пегматите встречаются

небольшие линзы, состоящие из «ельчатых» мусковитовых агрегатов. Далее пегматит сменяется зоной аплита, но менее выраженной, по сравнению с ее верхней частью. Мощность зоны аплита составляет 10-15 см. Центральная часть тела сложена графическим пегматитом с большим содержанием крупных кристаллов альмандина, размером до 1 см.

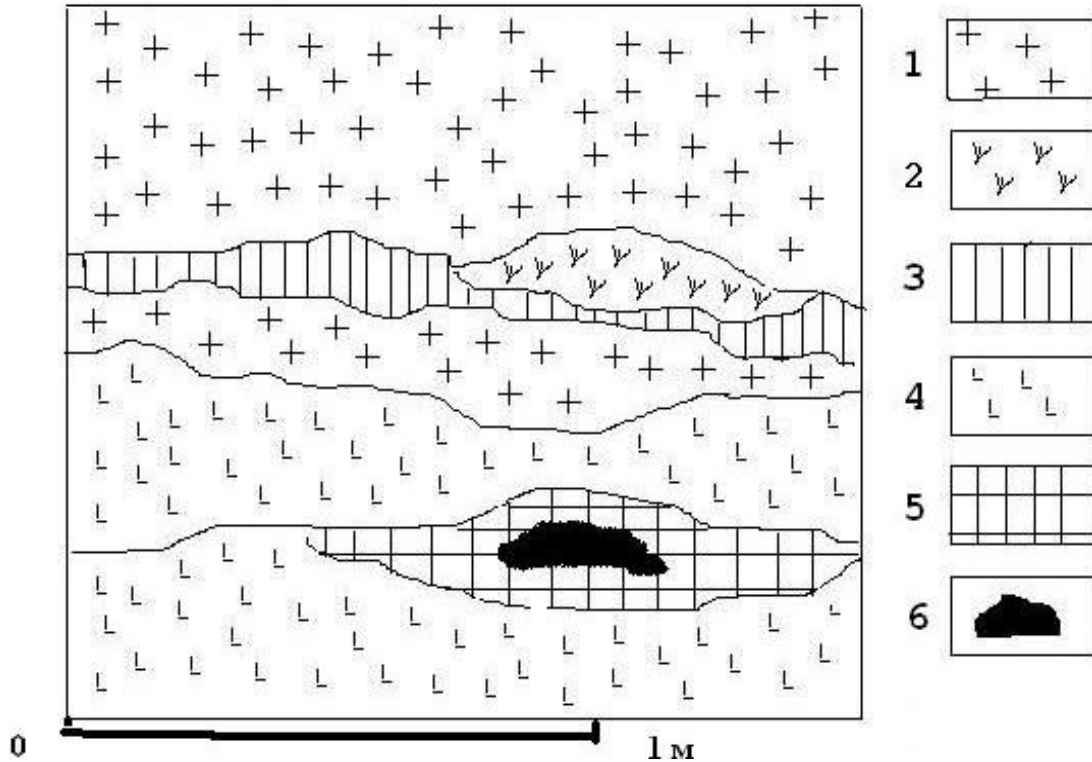


Рисунок 3.6 – Схематическое строение верхней части пегматитовой жилы Хризоберилловая, по [213]; вертикальный разрез; условные обозначения: 1 – аплит; 2 – агрегат мусковита; 3 – пегматит без графики; 4 – графический пегматит; 5 – скопления альбита; 6 – кварцевое ядро

Ближе к центральной части встречаются отдельные зерна хризоберилла. Мощность графической зоны достигает одного метра. Под агрегатами (скоплениями) мусковита, в массе пегматита, наблюдаются почти мономинеральные скопления мелкозернистого альбита, в ассоциации с мусковитом. Форма таких скоплений – линзовидная, часто с выположенной нижней частью. Размер их такой же, как и размер мусковитовых агрегатов расположенных выше. В центральной части многих альбитовых образований, наблюдаются кварцевые ядра, размером до 15 см в поперечнике. Ядра сложены дымчатым кварцем с включениями кристаллов хризоберилла, реже с голубоватым бериллом и исключительно редко только с голубоватым бериллом (из 20 ядер только 1 содержало исключительно берилл, и располагалось выше остальных). Ниже центральной зоны (кварцевых ядер) лежит зона графического пегматита, мощностью до 0,5 м. Она сменяется кварцевыми линзами (разъединенными пегматитом) или небольшими флогопитовыми оторочками. На контакте с флогопитовой оторочкой наблюдаются кристаллы черного турмалина, длиной до 10 см. Ниже идет

контактная зона флогопитовых слюдитов мощностью от 5 до 15 см, в ней попадаются отдельные, хорошо образованные кристаллы турмалина, размером не более 2-3 см. И завершается зональность антофиллитовой зоной.

Михеевская №2 (жила) расположена в юго-западном борту карьера № 6 Липовского никелевого месторождения. Падение жилы северо-западное под углом 45° , а ее мощность около 1 м. Жила прослеживается по нижнему (от уреза воды) горизонту на 25 м и сечет гранитоиды, а у уреза воды в своей нижней части она по всей видимости расположена в серпентинитах (для уточнения требуется дополнительная расчистка). Строение жилы схоже со строением жилы Дюмортьеритовой.

Ниже представлены фотографии гранитных (топаз-берилловых) пегматитов из карьера № 6 в их коренном залегании (рисунки 3.7-3.9), а также образец из них (рисунок 3.10).



Рисунок 3.7 – Фрагмент жилы гранитного (топаз-бериллового) пегматита



Рисунок 3.8 – Фрагмент жилы гранитного (топаз-бериллового) пегматита



Рисунок 3.9 – Фрагмент жилы гранитного (топаз-бериллового) пегматита



Рисунок 3.10 – Образец гранитного (топаз-бериллового) пегматита

3.2 Расположение и строение плагиоклазитовых тел

Жильные тела этого типа, по своим минералогическим признакам, ближе всего соответствуют «пегматитам» линии скрещивания и располагаются исключительно в серпентинитах.

При картировании на Липовском жильном поле нами [49, 216] обнаружена целая серия плагиоклазитовых жил, со своими характерными особенностями. Обычно они представляют собой протяженные, маломощные жилы, средней мощностью от 0,2 до 1 метра. Залегание жил от субвертикального и реже до субгоризонтального, простирание северо-восточное и северо-западное, реже меридиональное, местами они сильно тектонизированы. Эти тела состоят, главным образом, из плагиоклаза (анортита, реже андезина), второстепенные минералы: турмалин (дравитового состава), кальцит и мусковит-хлоритовый агрегат. При этом плагиоклазитовые тела имеют мелкозернистое строение, при этом в матрице плагиоклаза обычно присутствует примесь кальцита и мусковит-хлоритового вещества. Также обычны включения турмалина, циркона, барита, а также хризоберилла, фенакита, Ве-кордиерита и рудных минералов (уранинит, ишикаваит, пирохлор, уранпирохлор, ферсмит, ферроколумбит, касситерит). На контакте плагиоклазитов с вмещающими серпентинитами постоянно отмечается флогопитовая (обычно хлоритизированная, иногда с присутствием антофиллитовой зоны по серпентинитам) оторочка [49, 216].

Плагиоклазитовые жилы встречаются значительно реже гранитных (топаз-берилловых) пегматитов, но чаще, чем лепидолит-альбитовые (рисунки 3.1-3.3). На современном срезе, в пределах Липовских карьеров, нами найдено около 20 таких тел, при этом документально зафиксированы жилы мощностью от 20 см и выше [84]. Четырнадцать из них представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Описание плагиоклазитовых тел в пределах Липовского жильного поля

Название карьера	Точка наблюдения	Координаты	Примечание
Карьер № 6	тн 042	N 57°26'33.3" E 061°06'06.7"	Жила № 042, падение юго-западное под углом 80°, с хлорит-флогопитовой и тремолитовой зонами. Общая мощность жилы с оторочками около 1 м. Более детальное описание жилы приведено ниже.
Карьер №6	тн 053	N 57°26'31.8" E 061°06'01.3"	Жила с хлоритовой и флогопитовой зонами. Угол ее падения составляет 75°.
Карьер №6	тн 054	N 57°26'31.3" E 061°05'57.4"	Плагиоклазитовая жила, с хлоритовой и флогопитовой зонами, аз. простир. СЗ 310, аз. паден. ЮЗ 220, угол падения 80°.
Карьер №6	тн 082	N 57°26'38.4" E 061°06'02.2"	Зона с чередованием измененных апогранитных жил с серпентинитами (общая мощность около 3 м).

Продолжение таблицы 3.2

Название карьера	Точка наблюдения	Координаты	Примечание
Карьер №6	тн 002	N 57°26'28.8" E 061°05'54.3"	Две жилы с субвертикальным залеганием. Аз.пр. СВ. 65, Аз.пд. 155 ЮВ. Мощность плагиоклазитовой зоны этих жил около 20 см (тальк-хлорит-слюдистой зоны 20 см).
Карьер №7	тн 056а	N 57°27'02.3" E 061°07'18"	Жила мощностью 3 м (с учетом хлоритовой зоны), падение вертикальное.
Карьер №7	тн 060а	N 57°26'53.1" E 061°06'53.1"	Жила, с хлоритовой зоной (требуется расчистка).
Карьер №7	тн 060б	N 57°26'53.1" E 061°06'53.1"	Жила мощностью до 0,5 м. С четом хлоритовой и тремолит-флогопитовой зон общая мощность жилы около 1метра.
Карьер № 7	тн 061	N 57°26'52.2" E 061°06'50.9"	Жила мощностью 40 см и углом падения около 45°, мощность хлоритовой оторочки 5-7 см.
Карьер 4-5	тн 102	N 57°25'47.3" E 061°05'57.4"	Жила с антофиллитовыми каймами. Ее общая мощность составляет 1 метр.
Карьер № 4-5	тн 103	N 57°25'46.5" E061°06'09.1"	Жила Попова-Канонерова, мощность тела не превышает 0,7 м, падение (северо-восточное) под углом 60°(приведено описание).
Карьер №4-5	тн 104	N 57°25'46.5" E 061°06'08.0"	Жила мощностью около 50см (мощность центральной плагиоклазовой зоны около 10 см), угол падения 45°, простираение юго-западное.
Карьер №4-5	тн 105	N 57°26'00.8" E 061°06'23.7"	Жила мощностью около 4 метров (мощность плагиоклазовой зоны – 60 см; хлоритовой оторочки 30 см, антофиллитовой – 3м). Угол падения тела 70°.
Карьер №4-5	тн 105а	N 57°26'00.6" E 061°06'23.5"	Серия жил с антофиллитовыми оторочками, распространенных на протяжении 15 метров.

Ниже представлено детальное описание наиболее представительных плагиоклазитовых тел Липовского жильного поля.

Жила (копь Попова-Канонерова) в карьере №4-5. Расположена в северо-западном борту карьера и является одной из самых представительных на данном объекте, среди жильных тел данного типа. В 1996 году жила детально исследована В.А. Поповым и А.А. Канонервым [171]. Ими была рассмотрена уникальная минералогия данной жилы. В частности, именно в этом жильном теле ими был установлен новый минерал для Урала – увит. Позднее жила изучалась И.В. Пековым с коллегами и ими, впервые в мире, был описан минерал – магнезиотанталит [162, 163].

Строение жилы, судя по данным предыдущих исследователей [163, 171], достаточно простое (рисунок 3.11). Мощность тела не превышает 0,7 м и падает оно под углом 60° (предположительно на северо-восток) Залегает тело в массивных серпентинитах, на контакте с ним развита антофиллитовая зона (шестоватый антофиллит содержит тальк и магнетит), к центру жилы переходящая в антигоритовую зону. Центральная зона сложена разномерным

агрегатом турмалина (дравит-увитового состава), флогопита и амфибола (ряда магнезиогорнблендит-эденит). В подчиненных количествах отмечается тальк, клинохлор, хризоберилл, Ве-кордиерит и корунд. Здесь же в центральной части осевой зоны встречаются белые линзовидные гнезда («ядра»), размером до 20x30x50 см, сложенные агрегатом андезина ($An_{40}Ab_{60}$) и кальцита с вкрапленностью хризоберилла, апатита, колумбита и ниоботанталатов группы пирохлора (подгруппа микролита). На контакте турмалинового агрегата и плагиоклазита встречается фенакит и Ве-кордиерит, а также обилен хризоберилл. При этом турмалин образует кристаллы черного цвета длиной до 20 см [163, 171].

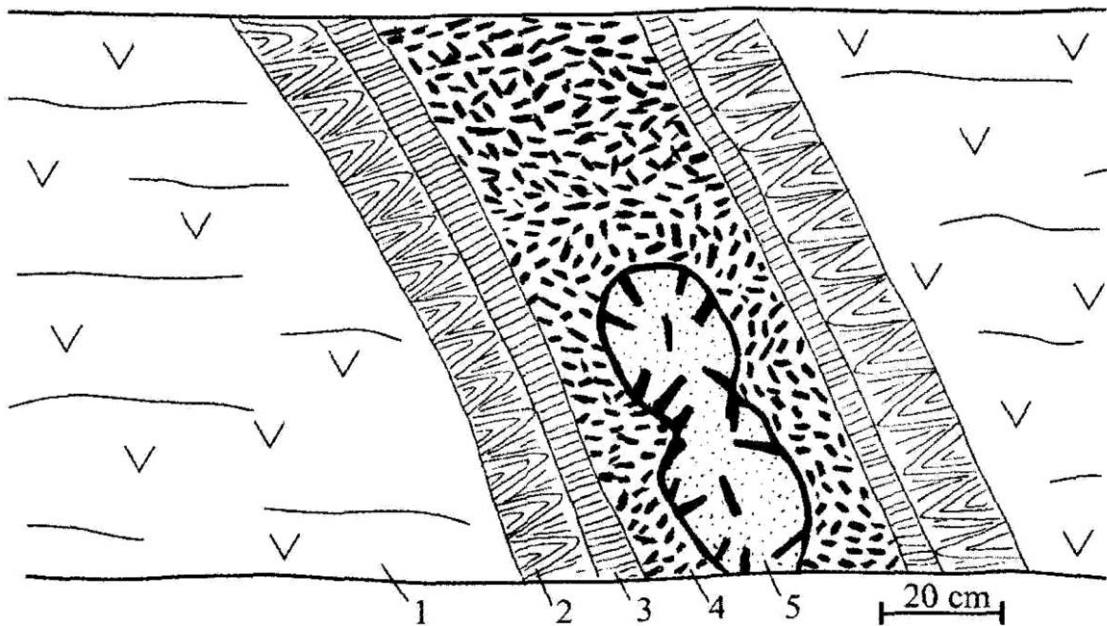


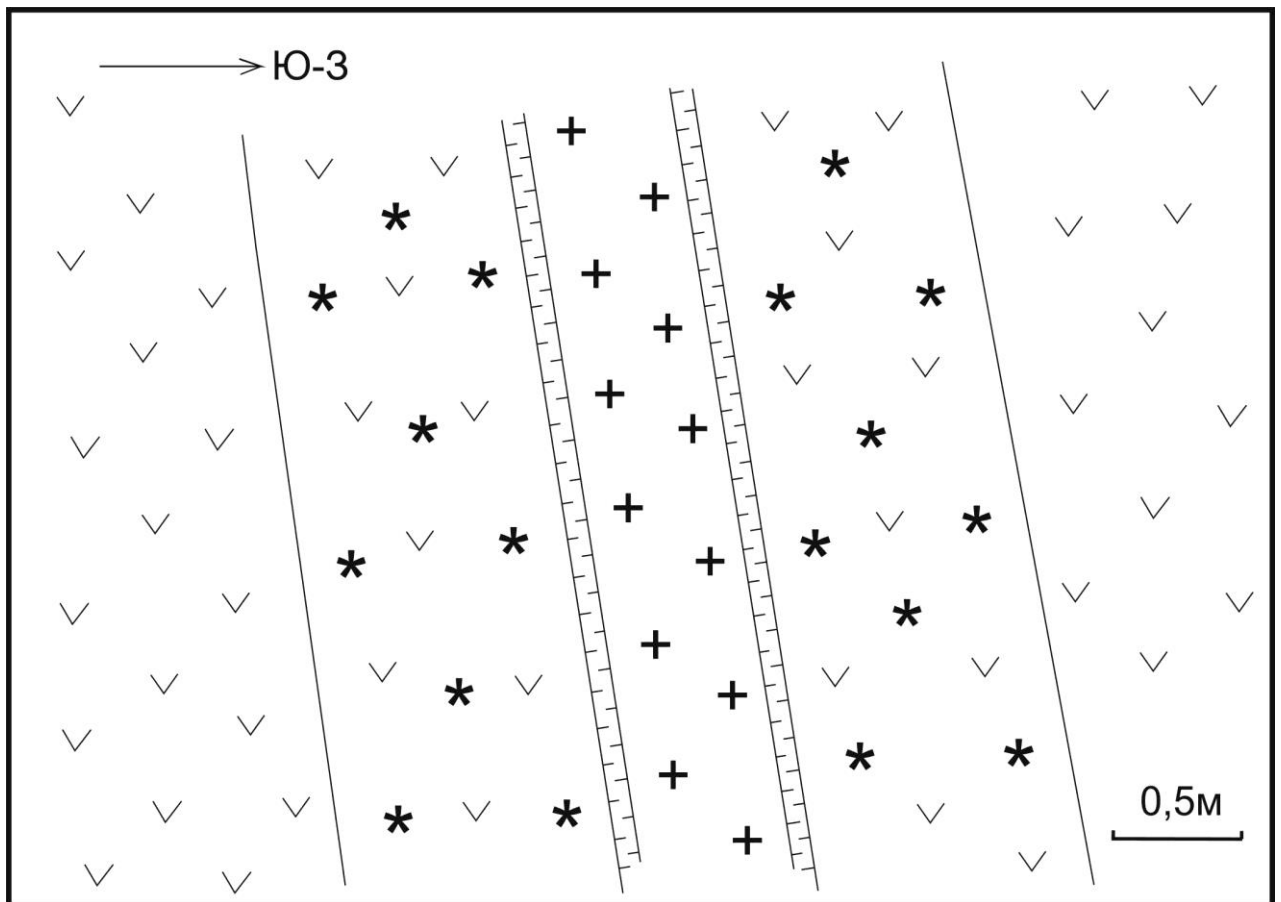
Рисунок 3.11 – Строение плагиоклазитовой (десилицированной) жилы по [171];

условные обозначения: 1 – серпентинит, 2 – антофиллитовая оторочка, 3 – зона антигорита, 4 – турмалин-амфибол-флогопитовая зона, 5 – плагиоклазитовые ядра с кристаллами турмалина, хризоберилла и ниоботанталатами

По нашим данным [49], плагиоклазитовые блоки имеют однородное мелкозернистое строение, окраска породы белая до светло-серой. Матрица плагиоклазита местами слабо просвечивает и содержит включения рудных минералов, карбоната, слюдисто-хлоритового вещества, а также редкие зерна хризоберилла. В краевых частях блоков отмечаются скопления дравита черного цвета (с высоким увитовым миналом), с вкрапленностью хризоберилла (нередко образующего сростки кристаллов размером до 0.5x2x2см) и редкого Ве-кордиерита. В турмалиновом агрегате отмечаются мелкие полости, размером до 1 см, инкрустированные фрагментами кристаллов турмалина, реже фенакита [49].

Жила № 042 расположена в южном борту карьера №6. По нашим данным [259], жильное тело залегает в серпентинитах (рисунок 3.12), мощность плагиоклазитовой зоны составляет

около 50 см, при этом падение жилы юго-западное под углом 80°. На контакте с жильным телом серпентинит интенсивно антофиллитизирован (на расстоянии до 25 см), при этом степень этого процесса при удалении от контакта постепенно уменьшается и на расстоянии 2 метров антофиллит исчезает совсем. Далее к центру наблюдается хлоритовая зона, развитая по флогопитовой, ее мощность варьирует от 10 до 15 см. Осевая зона жильного тела сложена в основном плагиоклазовыми останцами, преимущественно анортитового состава и развитым по их периферии агрегатом черного турмалина (дравит-увитового состава). В подчиненном количестве здесь присутствуют такие минералы как клинохлор, андезин, тальк, сепиолит, кальцит, альбит, тантало-ниобаты и др [259].



1 2 3 4

Рисунок 3.12 – Схематическое строение плагиоклазовой жилы № 042 по [259]; вертикальный разрез; условные обозначения: 1 – серпентиниты, 2 – антофиллитизированные серпентиниты, 3 – хлоритовая зона по флогопиту, 4 – зона плагиоклаза с кристаллами турмалина

Ниже представлены фотографии жильных десилицированных тел (плагиоклазов) (рисунки 3.13 - 3.16).



Рисунок 3.13 – Фото плагиоклазитовой жилы
(карьер №6)



Рисунок 3.14 – Фото плагиоклазитовой жилы
№ 042 (карьер №6)



Рисунок 3.15 – Фото плагиоклазитовой
жилы; карьер №7 (жила № 061)



Рисунок 3.16 – Крупный план жилы с рисунка
3.15

3.3 Расположение и строение редкометалльных литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов

Пегматиты этого типа по своим минералогическим признакам ближе всего соответствуют лепидолит-альбитовому типу (см. Главу 4 диссертации) и располагаются в породах, которые по своему составу резко отличаются от гранитов.

По отчету А.И. Миронова и А.З. Казанцева [142] эти пегматиты, содержащие такие минералы, как микроклин, альбит, мусковит, лепидолит, сподумен и цветной турмалин, относятся к микроклин-альбитовым.

В целом, если рассматривать имеющиеся данные о строении этих тел [44], то можно говорить об отсутствии каких-либо закономерностей в чередовании зон характерных для гранитных пегматитов. Из постоянных факторов можно упомянуть, что они залегают в серпентинитах или на контакте последних с гранитами, реже в амфиболитах. Угол падения разных жил данного типа, как правило, варьирует от 40° до 90° , простирания их с-в и с-з, мощность от 0,3 до 1,5 м, причем эти тела нередко подвержены тектоническим воздействиям [49]. Эти тела состоят, главным образом, из альбита, микроклина, лепидолита и кварца. На контакте с вмещающими серпентинитами постоянно отмечается тальк-хлоритовая оторочка (развитая по флогопиту). Зональность тел сложная и в упрощенном варианте, от края к центру, условно можно проследить следующие зоны: флогопитовую, кварц-полевошпатовую (состоит из трех подзон, в которых от края к центру, прослеживается увеличение размера зерен от мелко- до гигантозернистых). В центральной части отмечаются фрагменты блоковой зоны микроклина, а также кварц-альбит-слюдистые комплексы с лепидолитом и эльбаитом.

Емлин Э.Ф. с соавторами [44] относит данный тип пегматитов к грейзенезированным жилам, в которых наблюдаются тальковые и нонтронит-тальковые шлейфы, содержащие рубеллит-лепидолитовую минерализацию. А в отдельных небольших жилах месторождения наблюдаются признаки свободной кристаллизации турмалина в пустотах размером до 10x5 мм (карьер № 6), где турмалин встречается вместе с лепидолитом, плагиоклазом, кварцем, топазом, воробьевитом и обычным бериллом [44, 104].

Лепидолит-альбитовые пегматиты встречаются значительно реже гранитных топаз-берилловых пегматитов и плагиоклазитовых жил. Именно с ними были связаны находки розовых турмалинов (рубеллитов). На современном срезе, в пределах Липовских карьеров, нами документально зафиксировано только три тела (рисунок 3.1). Краткое описание трех найденных жил и двух жил известных ранее по литературным источникам приведено в таблице 3.3. С 2025 года коренное обнажение лепидолит-альбитовых жил можно наблюдать лишь в Хитничей жиле, но все еще доступны отвалы жил Сибирячки и Сыпухи. Автором с коллегами делалось несколько безуспешных попыток расчистки литиеносных жил.

Далее идет описание некоторых лепидолит-пегматитовых жил с зарисовками их внутреннего строения.

Жила Сибирячка была обнаружена в 2005 году в западной части карьера № 6. Строение жилы приведено на основании наших данных [51] и устных описаний очевидцев. Жила состоит из нескольких, разобщенных в пространстве жильных тел.

Таблица 3.3 – Описание лепидолит-альбитовых пегматитовых жил Липовского поля

Название карьера	Точка наблюдения	Координаты	Примечание
Карьер № 6	тн 047	N 57°26'30.8" E 061°06'00.1"	Хитничья жила. Имеет субвертикальное залегание и мощность до 0,5 м. Ее полное описание приведено ниже по тексту.
Карьер № 6	тн 023	N 57°26'29.1" E 061°05'41.0"	Жила Сибирячка. Состоит из двух тел, одно из которых имеет плитообразную форму, его мощность не превышает 30-40 см. Простирается жила северо-восточное, падение под углом 60° на северо-запад (см. описание).
Карьер № 6	тн 024	N 57°26'30.1" E 061°05'47.7"	Жила Михеевская (Сыпуха). Жильное тело имеет субвертикальное падение. Мощность жилы составляет до 1 м (см. описание).
Карьер № 3	б/н	N 57°26'18.0" E 061°06'57.5"	Шерлова копь (на данный момент засыпана отвалом). Представлена двумя жилами: Топоркова и Старательская. Их полное описание приведено ниже по тексту.
Карьер № 4	б/н	Расположена в северной части карьера.	На данный момент жилы затоплены водой. Мощность жил достигала 1 м, в среднем 0,4-0,5 м. Зональность одной из жил описана в работе [142].
Карьер № 4-5	б/н	Расположена предположительно в северной части карьера. Затоплена.	Жила Потерянная. Была практически полностью уничтожена при извлечении никелевых руд [104].

1. Первое тело встречено у основания забоя (на уровне уреза карьерного озера), на контакте с вмещающими хлоритовыми сланцами. Оно представлено гранитным телом местами переходящим в пегматит, внутри которого расположена зона (линза) выполненная белой глиной с цветным турмалином. На границе, в зоне с белой глиной, отмечаются скопления лепидолитового агрегата (сплошного, реже в виде небольших скоплений), и цветной турмалин. Размер этой центральной зоны выполненной белой глиной достигает 3 м в длину, до 1 м в ширину и до 2 м в высоту. Кристаллы топаза встречены только в одном месте, у основания описываемой зоны, в глинистой массе в ассоциации с цветным турмалином (рисунок 3.17) [51]. Интересно, что залегание зоны с белой глиной пологое.

2. Второе тело по сведениям А.И. Маликова с соавторами [125] "представлено пегматитовой жилой имеющей плитообразную форму, мощность тела не превышает 30-40 см, с северо-восточным простиранием и падением под углом 60° на северо-запад" (рисунки 3.18 и 3.19). В жиле было вскрыто несколько миарол (занорышей) с розовыми турмалинами и голубыми топазами. При этом, в верхней части наиболее крупной полости наблюдалось скопление кристаллов розовых и полихромных турмалинов, а также топазов [125].

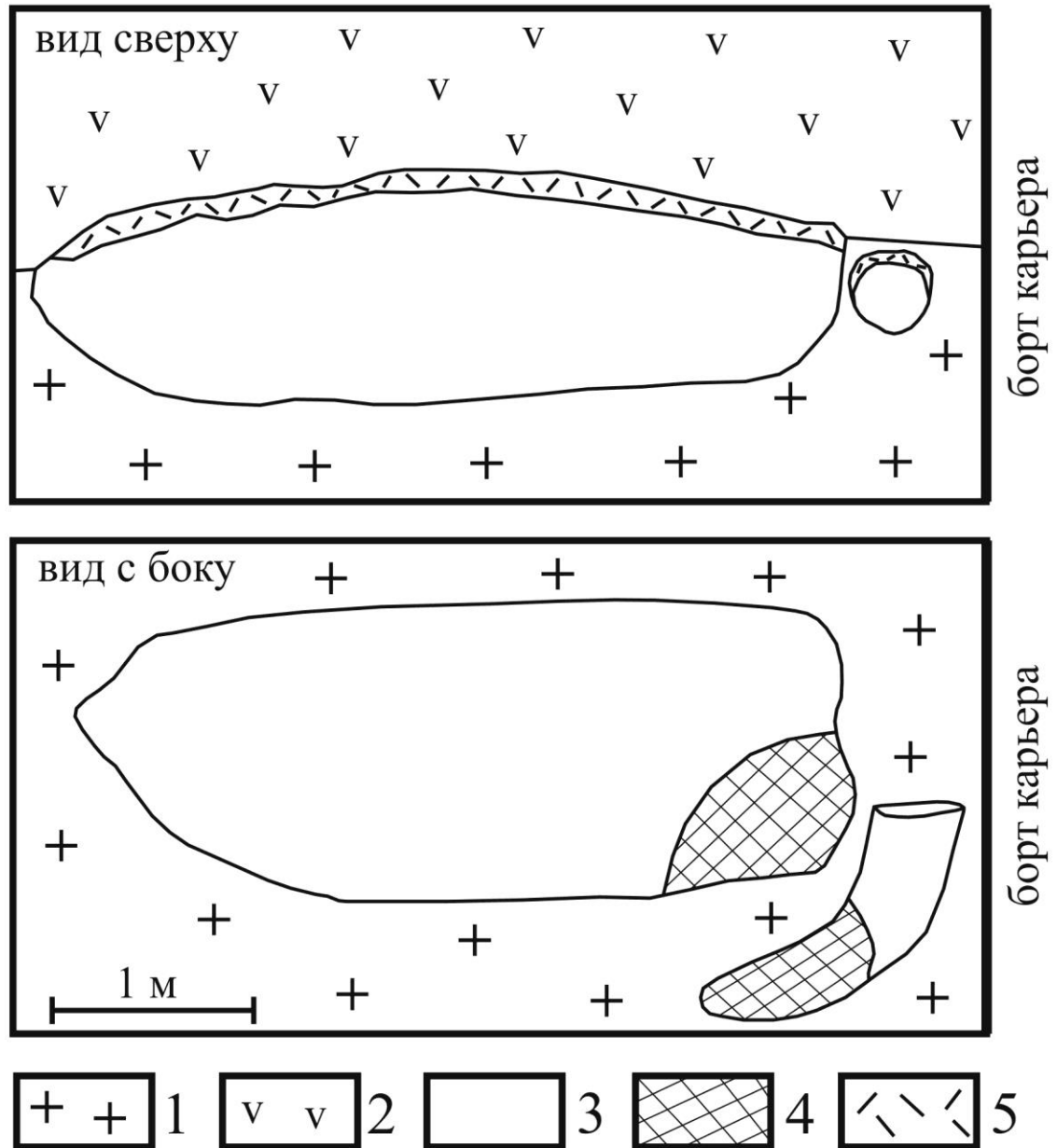
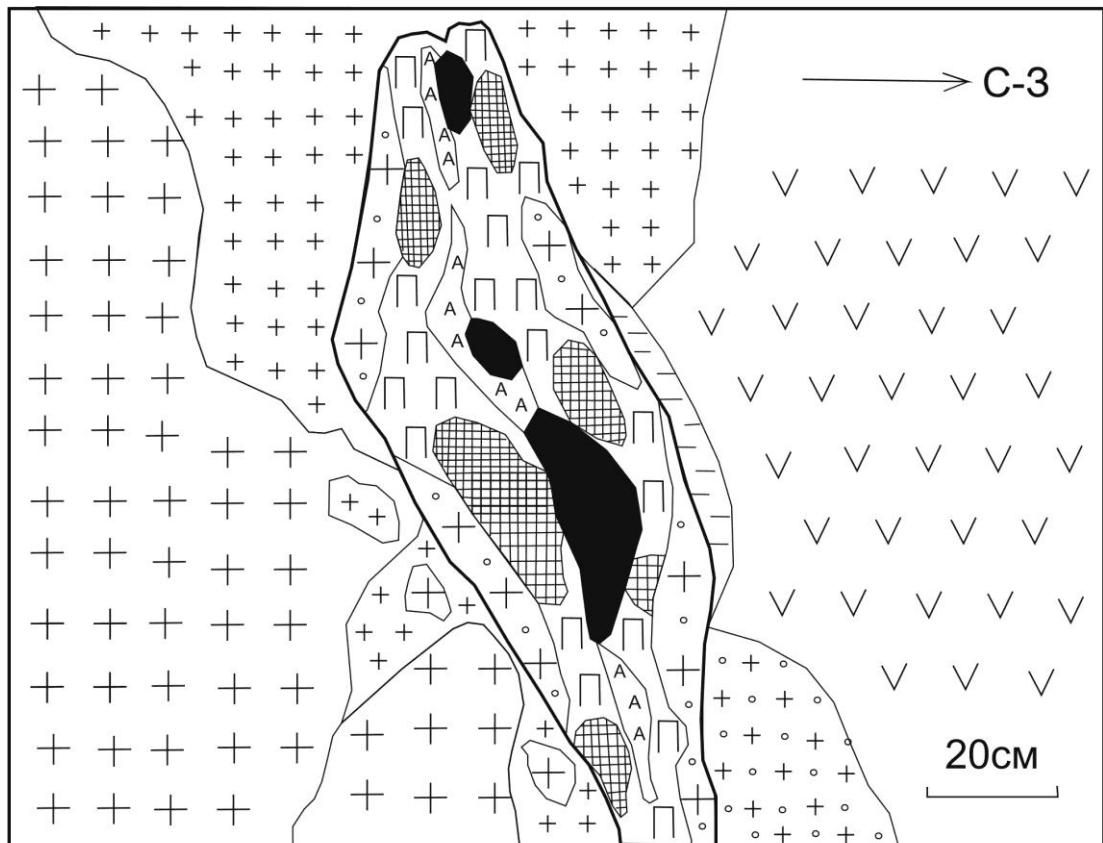


Рисунок 3.17 – Схема фрагмента жилы Сибирячка с лепидолит-глинистой линзой содержащей цветной турмалин и топаз, по [51]; условные обозначения: 1 – гранитный пегматит, 2 – зона зеленых сланцев с флогопитовой оторочкой, переходящих в серпентинит, 3 – белая глина с турмалином, 4 – белая глина с турмалином и топазом, 5 – скопления лепидолита

По нашим данным [46] в жиле Сибирячка отмечаются калиевый полевой шпат с кварцем и альбитом, а также мусковит и лепидолит. Из аксессуарных минералов отмечаются относительно крупные индивиды фторапатита, голубого топаза, манганотанталита, циркона и полихромного (от розового до светло-зеленого) турмалина (эльбаита и россманиа) [46].



- | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--|----|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
| 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 | |
| 8 | | 9 | | 10 | | | | | | | | | |

Рисунок 3.18 – Схема строения (вертикальный разрез) пегматитовой жилы Сибирячка по неопубликованному описанию С.З. Смирнова (филиал ИМП СО РАН) с дополнениями и упрощениями автора [260]; условные обозначения: 1 – серпентинит, 2 – пегматит средне - до крупнозернистого, 3 – мелкозернистый двуслюдяной гнейсовидный лейкогранит, 4 – гранит-аплит с гранатом, турмалином и мусковитом, 5 – мелкопегматоидная зона (с индивидами до 5 см) с шерлом, мусковитом, гранатом и голубым бериллом, 6 – среднепегматоидная зона (с индивидами до 10 см), минеральный состав как и в предыдущей зоне, но встречается лепидолит и верделит и местами с альбитизацией КПШ, 7 – блоковая зона (минеральный состав, как и в предыдущей зоне, но с более существенной альбитизацией КПШ), 8 – кварц-слюдисто-альбитовый комплекс, 9 – кварц-лепидолит-альбитовый комплекс с миаролами (выполненными топазом, альбитом, цветным турмалином, кварцем, КПШ и лепидолитом), 10 – хлорит-флогопитовая порода

Жила имеет довольно отчетливую хоть и ассиметричную зональность (рисунок 3.18). В ней можно выделялись от края к центру три зоны: пегматоидная (с размером кристаллов 5-10 см), блоковая (с существенной альбитизацией КПШ) и центральная или кварц-альбитовая с слюдой (мусковитом и лепидолитом) и развитием миарол [260].

Хитничья жила расположена в западном борту карьера № 6, в 180 метрах южнее от главного спуска в выработку. Данная жила, частично разработанная старателями, залегает в массивных серпентинитах, имеет мощность до 0,5 м (рисунок 3.20) и содержит обильную литиевую минерализацию – лепидолит и розовый турмалин [49]. Крупные (размером до 5 см) индивиды микроклина кремового цвета, с пертитовым распадом, свидетельствуют о присутствии в данной жиле блоковой зоны.



Рисунок 3.19 – Жила Сибирячка,
2005 год, фото М.П. Попова

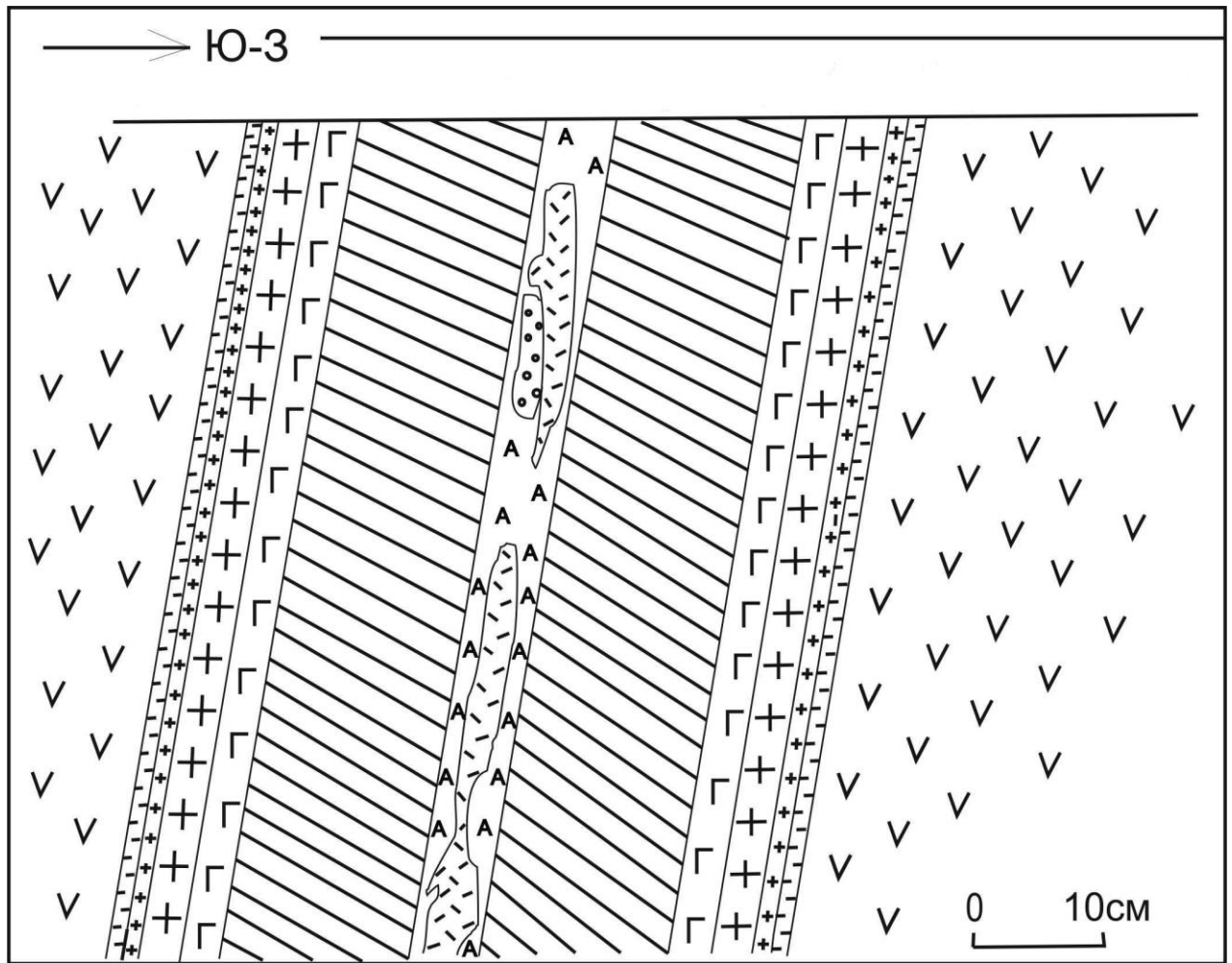


Рисунок 3.20 – Хитничья жила, 2017год.

Строение Хитничей жилы осложнено поздними тектоническими подвижками. В ее строении, условно можно выделить восемь зон (рисунок 3.21). Внешняя зона, наблюдается не по всему протяжению жилы, сложена хлоритом с подчиненным содержанием талька, средняя мощность зоны составляет около 2 см. Следующие три зоны общей мощностью 10 см имеют кварц-полевошпат-шерловый состав, при этом размер индивидов по направлению к центру увеличивается от мелко - до гигантозернистого (в этих зонах особенно в крупно-гигантозернистой для кристаллов шерла хорошо заметен геометрический отбор, то есть их удлинение перпендикулярно боковым стенкам жильного тела). Следующая к центру гигантозернистая кварц-полевошпат-шерловая или блоковая зона мощностью около 10 см содержит берилл, мусковит, спессартин и индивиды кремового микроклина (размером до 5 см). Последние три зоны тяготеют к осевой части жилы, но не имеют четких границ как показано на рисунке 3.3.5 в связи с развитыми процессами альбитизации. В основном они сложены цветным турмалином, лепидолитом, клевеландитом, спессартином и кварцем.

Жила Топоркова и жила Старательская входят в состав более крупного проявления розового турмалина под названием «Шерлова копь», с которой и началась разработка цветных турмалинов на данном объекте в 1900 году. По отчету [142] эти две жилы субпараллельны,

имеют меридиональное простирание и приурочены к трещинам разрыва, направления которых совпадают с простиранием разломов северо-западного направления.



- 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Рисунок 3.21 – Упрощенная схема строения литиеносной Хитничей жилы; вертикальный разрез; условные обозначения: 1 – серпентинит, 2 – тальк-хлоритовая зона, 3 – мелкозернистая кварц-полевошпат-шерловая зона, 4 – средне-крупнозернистая кварц-полевошпат-шерловая зона, 5 – крупно-гигантозернистая кварц-полевошпат-шерловая зона с бериллом, 6 – гигантозернистая кварц-полевошпат-шерловая зона с бериллом, мусковитом и спессартином, 7 – зона альбитизации с цветным турмалином, лепидолитом и спессартином, 8 – лепидолитовая зона с подчиненным количеством кварца, клевеландита и цветного турмалина, 9 – блоковый кварц

Расстояние между жилами, в среднем составляет около 25 метров. Жилы имеют зональное строение [142]. Предположительно они расположены в 30 м восточнее карьера № 3 (который в данное время засыпан отвалом). По данным [142], согласно структурно-

минералогическим принципам выделения зон, предложенным Н.А. Солодовым (1962), в описываемых жилах выделены следующие зоны (от периферии к центру): 1. мелкопегматоидная микроклин-альбитовая; 2. среднепегматоидная микроклин-альбитовая; 3. мелкоблокового микроклина (микроклин-пертита); 4. среднезернистая лепидолит-альбитовая; 5. зернистого альбита; 6. мелкоблокового кварца.

Выделенные зоны весьма неравномерно распределены по жилам. Если первая зона прослеживается по простиранию жил довольно постоянно, то остальные зоны выделяются в отдельных сочленениях жил, имеющих большую мощность. Форма этих зон гнезда и линзы. Только пятая зона, располагающаяся обычно в центре жилы, прослеживается более или менее постоянно. В зонах контактов с пегматитами серпентиниты и серпентин-амфиболовые породы сильно изменены – выщелочены, карбонатизированы, глинизированы (содержат монтмориллонит), оталькованы, местами окварцованы, т.е. превращены в карбонатизированные мусковит-монтмориллонитовые породы. Мощность этих пород колеблется от первых сантиметров до 0,5-0,7 м [142].

Жила Топоркова, по отчету А.И. Миронова и А.З. Казанцева [142], расположена в западной части проявления Шерловая копь. Это единственная жила (из Шерловой копи), описанная в открытой литературе [44, 163]. Она показывает линзовидное строение, с развитием в краях аплитовидного микроклин-альбитового агрегата, а в центре отмечаются блоковые зоны кварца, микроклина, а также альбитит с вкрапленностью эльбита и лепидолита. Возможно, описанная жила была осложнена поздними тектоническими подвижками, в результате чего в ней и возникло линзовидное строение [49]. Схема ее строения приведена на рисунке 3.22.

Общее простирание жилы меридиональное, с изгибом северного конца ее на северо-запад, а южного на юго-юго-восток. Общая длина жилы, считая с участками пережима, равна 42 м. Падение тела западное 43-50°. Максимальная мощность жилы 1,5 м, средняя 1,0 м. Выклинивание жилы по простиранию постепенное и при этом она разветвляется на несколько апофиз, прослеживающихся в виде линз и гнезд в приконтактной мусковит-монтмориллонитовой породе. Жила выклинивается по падению и по восстанию. Контакты ее с вмещающими породами резкие, тектонические. Здесь часто в тело жилы вклиниваются разнообразной формы реликты вмещающих пород [142].

Ниже, для сравнения, приведено строение жилы Топоркова по В.М. Смертенко и А.З. Казанцеву (рисунок 3.23).

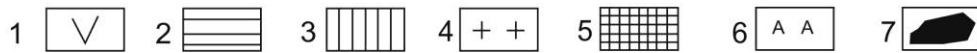
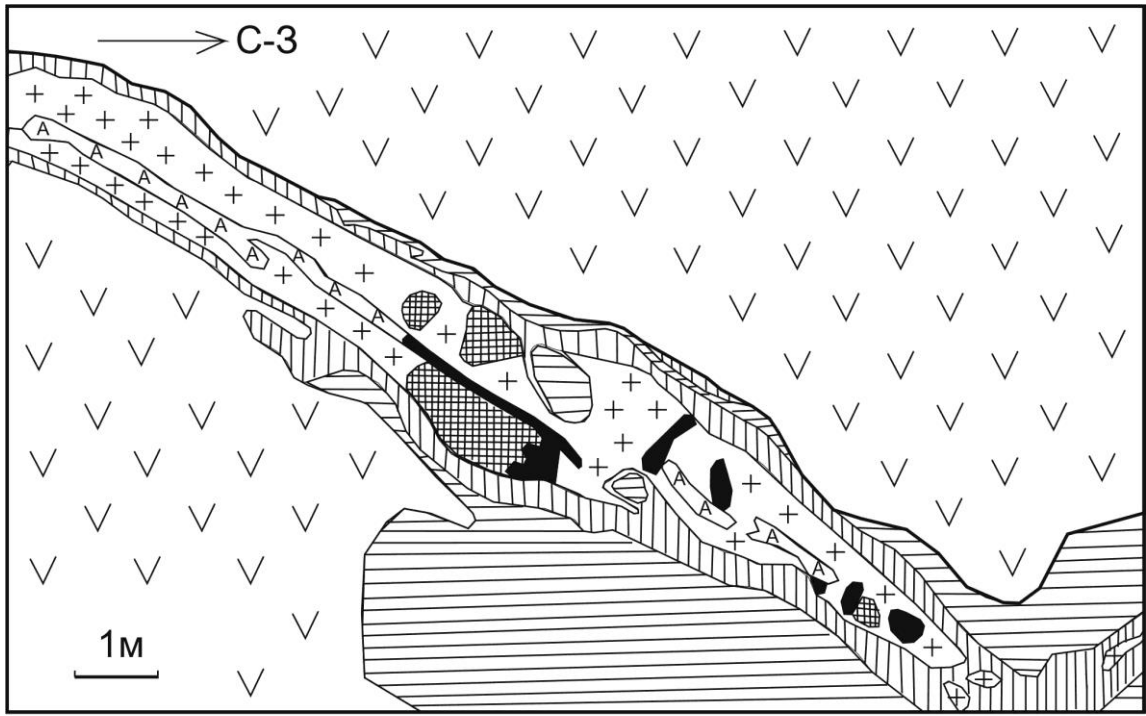
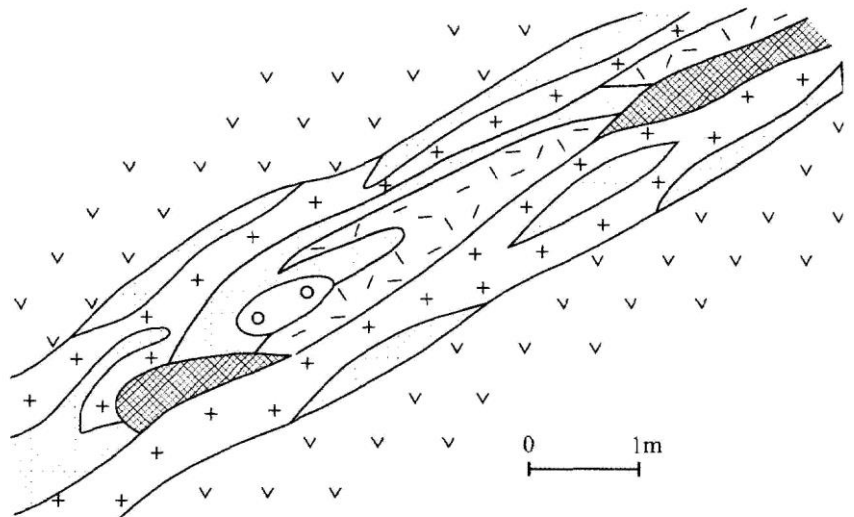


Рисунок 3.22 – Схема строения пегматитовой жилы Топоркова по [142, 260] с упрощениями автора диссертации; вертикальный разрез; условные обозначения: 1–серпентинит, 2–деинтегрированный серпентинит, 3–зона кварц-мусковит-монтмориллонитовых пород, 4–пегматит мелко- и местами до среднепегматоидного (с индивидами до 10 см), 5–блоковый микроклин, 6–кварц-мусковит-альбитовый комплекс, 7–кварц-лепидолит-альбитовый комплекс

Схема строения пегматитовой жилы Шерловой копи:



По В.М. Смертенко и А.Э. Казанцеву

Рисунок 3.23 – Схема строения жилы Топоркова (Шерловая копь), из [163]

Старательская жила – судя по отчету [142] занимает восточную часть проявления «Шерловая копь». Общее простирание жилы меридиональное. Максимальная мощность 1,1 м. Общая длина жилы 46 м. Южный конец жилы разветвляется на две ветви, которые вследствие частых пережимов имеют форму линз и гнезд с нередким внедрением в тело жилы вмещающих серпентинитов. Падение южных ветвей более или менее выдержанное 40-45°, а падение северной части жилы меняется от 35 до 80°. Выклинивание жилы постепенное, ветвящееся, как по простиранию, так и по восстанию. По падению жила выклинивается на глубине 70 м [142].

Анализ рисунков жил Топоркова и Старательской, представленных в отчете [142], позволил автору диссертации сделать следующие выводы:

1. Пегматитовые жилы Топоркова и Старательская расположены в измененных серпентинитах за исключением верхней (восстающей) части жилы Старательская, которая местами граничит с серпентин-амфиболовыми породами и амфиболитами.

2. На контакте данных жил с вмещающими породами обычно наблюдается реакционная кварц-мусковит-монтмориллонитовая зона.

3. В жиле Топоркова из постоянно присутствующих зон можно выделить мелкопегматоидную микроклин-альбитовую (краевую) и встречающуюся довольно часто зону зернистого альбита (центральной). Остальные зоны встречаются в виде отдельных фрагментов (комплексов), обычно тяготеющих к центральной части жилы.

4. В жиле Топоркова зона с лепидолитом обычно приурочена к зоне блокового микроклина.

5. Цветной турмалин, судя по описанию зон из отчета [142], наблюдается в нескольких зонах, но по рисункам жилы Топоркова из этого же отчета, обычно приурочен к выклиниванию лепидолит-альбитовых жил.

Жила Сыпуха. По нашим данным [51], расположена в 100 м восточнее жилы Сибирячка, в оплывающем и осыпающемся склоне борта карьера. В этом месте (Сыпуха или Курятник – названия хитников) среди рыхлого материала встречаются фрагменты лепидолит-альбитовых и гранитных пегматитов [51]. Анализируя минеральный состав образцов, отобранных с отвалов данной жилы, можно сделать вывод, что она полностью соответствует выше описанным жилам – Сибирячке и Хитничей.

Жилы в карьере №4 с литиевой минерализацией, по данным отчета [142], встречены в выщелоченных, окремненных серпентинитах. Состав их микроклин-альбитовый с лепидолитом, цветным турмалином, топазом, бериллом. Мощность достигает 1 м, в среднем 0,4-0,5 м. В строении жил присутствует гнездообразная зональность. Отмечаются зоны мелкографическая, лепидолит-кварц-альбитовая с цветным (зеленым, розовым) турмалином, дымчатым кварцем. Жилы сильно изменены позднейшими процессами: глинизированы и ожелезнены. Вследствие

быстрого продвижения экскаваторного забоя более подробно эти жилы не изучались. Попутно выбирался только турмалин (зеленый, розовый, полихромный) [142].

Ниже представлены фотографии некоторых образцов из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовского жильного поля (рисунки 3.24-3.27).



Рисунок 3.24 – Штуф с литиевой минерализацией из лепидолит-альбитового пегматита



Рисунок 3.25 – Эльбаит из лепидолит-альбитового пегматита

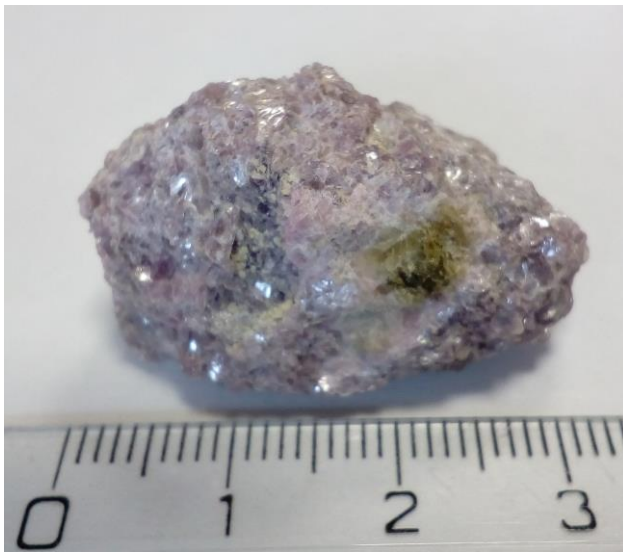


Рисунок 3.26 – Лепидолит из пегматита Хитничьей жилы



Рисунок 3.27 – Топаз из жилы Сибирячка, поле зрения 12 мм

3.4 Выводы по Главе 3

При картировании пегматитовых тел и плагиоклазитов Липовского жильного поля установлено, что наиболее часто среди них встречаются гранитные (топаз-берилловые) пегматиты (21 тело мощностью от 20 см). Средняя частота распространения характерна для плагиоклазитовых жил (14 тел). И совсем редко встречаются литиеносные (лепидолит-

альбитовые) пегматиты (всего известно 5 жил данного типа). Средняя мощность жильных тел на объекте составляет около 30см. Жилы гранитных пегматитов (топаз-бериллового типа) расположены в жильных и массивных гранитах, намного реже в серпентинитах и мраморах. Литиеносные же пегматиты и тем более плагиоклазиты приурочены, главным образом, к серпентинитам.

В ходе уточнения строения разных типов пегматитовых тел, данного объекта, можно сделать вывод, что в гранитных пегматитах (топаз-бериллового типа) наблюдается классическая зональность, а в литиеносных не четкая, местами пятнистая, с нередким отсутствием той или иной минеральной зоны. При этом на контакте с серпентинитами в литиеносных телах наблюдаются слюдисто-хлоритовые оторочки, а в плагиоклазитах обязательно присутствуют реакционные слюдистые, реже антофиллитовые (антигоритовые) оторочки и также как в литиеносных телах отсутствует четкая зональность.

ГЛАВА 4 ПОЛОЖЕНИЕ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ В РАМКАХ СУЩЕСТВУЮЩИХ КЛАССИФИКАЦИЙ

По данным В.Е. Загорского [65], "известно около 40 классификаций гранитных пегматитов, основанных на использовании самых разнообразных критериев и их сочетаний". Если говорить о наиболее значимых классификациях гранитных пегматитов, то в хронологической последовательности можно выделить следующие из них.

А.Е. Ферсман [209] предложил классификацию, основанную на геохимических особенностях минерального состава. Он выделил гранитные пегматиты чистой линии (десять типов) и пегматиты линии скрещивания – пневматолические (три типа), контактные (шесть типов) и мигматические (три группы), а также десилицированные (четыре типа) и пегматиты особых типов (семь типов).

В 1952 и 1961 годах К.А. Власов обосновал текстурно-парагенетическую классификацию гранитных пегматитов [25, 24], основным отличительным критерием которой являлась степень дифференциации (зональности) пегматитовых тел. Немного позднее появилась классификация А.И. Гинзбурга и Г.Г. Родионова [31, 33, 182] основанная на глубинности образования гранитных пегматитов. При этом ими были выделены четыре пегматитовых формации: хрусталеносная, редкометалльная, слюдоносная и редкоземельная.

Солодовым Н.А. в 1962 и в 1971 годах была предложена парагенетическая классификация редкометалльных гранитных пегматитов [192, 194], главным критерием которой является соотношение основных минералов, таких как альбит, микроклин и сподумен. В другой классификации [121], составленной М.В. Кузьменко с соавторами в 1971 году, основным критерием являлась геохимическая специализация жильных серий и пегматитовых полей. Заслуживает внимание также текстурно-минералогическая классификация гранитных пегматитов созданная В.В. Гордиенко в 1996 году [36], в которой сделан акцент на минеральный состав и степень дифференциации пегматитовых тел.

Следующие классификации, предложенные в разное время Р. Šternу и В.Е. Загорским, периодически ими дополняемые, являются современными, поэтому на них стоит обратить особое внимание и остановиться более подробно.

Систематика гранитных пегматитов, предложенная в 2003 году В.Е. Загорским с соавторами [65] является иерархической. В ней выделены три главных уровня, со следующей соподчиненностью классификационных единиц: формации (подформации) – минерагенические (геохимические) эволюционные ряды – парагенетические типы пегматитов [65]. В качестве главного дискриминационного фактора, на уровне пегматитовых формаций (подформаций), принято начальное давление при пегматитообразовании. Всего выделено пять формаций

пегматитов, объединенных в три группы. Группа формаций низких давлений (менее 2,5 кбар) объединяет кристаллоносную и редкометалльно-редкоземельную формации, причем в первой выделены флюорит-хрусталеносная и субредкометалльная подформации. Редкометалльная формация умеренных давлений (2-5 кбар) разделена на петалитовую и сподуменовую подформации. В группу формаций высоких давлений (более 5 кбар) входят слюдоносная и полевошпатовая формации. Слюдоносная формация разделена на редкометалльно-мусковитовую и мусковитовую подформации. В каждой формации (подформации) пегматитов выделено несколько минерагенических (геохимических) эволюционных рядов, а каждый ряд объединяет несколько парагенетических типов пегматитов – от простых (безрудных) до наиболее продуктивных на тот или иной вид минерального сырья. Пегматиты с первичными (остаточными) минерализованными полостями (миаролами) трактуются как миароловая фация, в разной степени свойственная пегматитам любых формаций. При этом отмечается, что реальные природные пегматиты нередко обладают некоторыми чертами других типов пегматитов [65].

Классификация Р. Šerný, созданная в 2005 году [231], пользуется широкой популярностью в англоязычной литературе. Она создана на основе работ А.И. Гинзбурга [33 и др.] и самого Р. Šerný, а также в ней учтены классификации других авторов, таких как В.В. Гордиенко [36] и В.Е. Загорского [65]. Данная классификация имеет двухсторонний подход, первый связан с геологическим положением, ведущим к разделению гранитных пегматитов на пять классов (глубинные, мусковитовые, мусковит-редкоэлементные, редкоэлементные и миароловые). При этом мусковитовые, мусковит-редкоэлементные, редкоэлементные и миароловые пегматиты, в некоторых случаях являются переходными друг в друга. Второй подход – петрогенетический, в нем использованы геохимическо-минералогические критерии с помощью которых выделяют (NYF, LCT и смешанный типы). [231].

Вопрос по отнесению пегматитов Липовского жильного поля к определенным типам пегматитов до настоящего времени оставался открытым. Первым кто его затронул, был А.Е. Ферсман, в последствии этот вопрос поднимался в ряде публикаций А.С. Таланцевым, В.Е. Загорским, Э.Ф. Емлиным, И.В. Пековым и другими исследователями. Так, Э.Ф. Емлиным с соавторами [44] на данном объекте были выделены и кратко описаны (без приведения схем строения) несколько типов пегматитов, в том числе топаз-берилловые, десилицированные, пегматиты с хризобериллом и еще два типа пегматитов содержащие литиевую минерализацию.

Если с гранитными пегматитами, а также с литиеносными жилами есть какая-то определенность, то с десилицированными жильными телами (плагноклазитами) она отсутствует. Так, например, классификация Р. Šerný [231] имеет дело исключительно с тем, что А.Е. Ферсман [209], называл пегматитами "чистой линии". А те, которые явно загрязнены (до

гибридизации) и имеют смешанное происхождение, в результате реакции с вмещающими породами, в данной классификации не рассматриваются [231]. Поэтому десилицированные тела (плагноклазиты) Липовки видимо следует оставить за рамками данного вопроса. Тем более, что А.Е. Ферсман [209] отнес их к «пегматитам линии скрещивания» и выделил их в своей классификации (систематике) в отдельный, обособленный тип десилицированных пегматитов.

Итак, если рассматривать формационную принадлежность основных типов пегматитов Липовского жильного поля и их место в современных классификациях, то:

1. Простые по составу кварц-калишпатовые пегматиты.

По геологическому подходу систематики Р. Šerný [231], данные пегматиты можно отнести к топаз-берилловому типу, который входит в миарол-редкоэлементный подкласс миаролового класса пегматитов. С другой стороны, если рассматривать петрогенетическую классификацию Р. Šerný [231], то по геохимическо-минералогическим критериям гранитные пегматиты Липовки относятся к NYF-типу (в них преобладает ниобий-иттрий-фтористая специализация) [69, 84], так как для них характерны колумбиты, ильменорутил, ксенотим-(Y), фторапатит, топаз и т.д.

По систематике В.Е. Загорского с соавторами [65], данные пегматиты можно отнести к топаз-берилловому эволюционному ряду субредкометалльной подформации кристаллоносной формации. И, наконец, если сопоставить содержание редких элементов с имеющимися данными В.В. Гордиенко [36], то данный тип липовских пегматитов по содержанию В (40 г/т) и Та (17 г/т) ближе всего относится к миароловой (хрусталеносной) формации. Но при этом заметен ее явный редкометалльно-редкоземельный уклон по таким элементам как (в г/т): Li (160), Nb (50), Zr (30), Cs (15), Be (13), Y (5).

Из этого следует, что липовские гранитные пегматиты, все-таки ближе всего соответствуют топаз-берилловому типу.

2. Литиеносные пегматиты.

По геологическому подходу систематики Р. Šerný [231], литиеносные пегматиты относятся к лепидолитовому подтипу, который в свою очередь входит в состав комплексного типа редкоэлементных (редкометалльных) пегматитов. Но есть и тонкости, так, по мнению Р. Šerný [231], лепидолитовый подтип локально может переходить в эльбаитовый. А пегматиты эльбаитового подтипа локально, как правило, содержат значительную долю миаролоносных полостей, что также отчасти характерно и для литиеносных пегматитов Липовского поля. К тому же, пегматиты редкоэлементного и миаролового классов, в некоторых случаях, как правило, являются переходными друг в друга [231]. Из этого следует, что локальные места Липовских литиеносных пегматитов содержащие миаролы, видимо можно отнести по

классификации Р. Šerny [231] к миаролоносно-лепидолитовому типу, входящему в миаролоносно-литиеносный подкласс миаролового класса пегматитов.

С другой стороны, если рассматривать петрогенетическую классификацию Р. Šerny [231], то литиеносные жилы Липовского поля, по своим геохимическим характеристикам, отнесены автором диссертации [69, 84] к LCT-типу (в них преобладает ниобий-иттрий-фтористая специализация), так как в них встречается лепидолит, петалит, литиевые турмалины, поллуцит, различные микролиты и танталиты.

По систематике В.Е. Загорского с соавторами [65], данный тип пегматитов можно отнести к лепидолит-альбитовому парагенетическому типу, фтор-тантал-литиевого эволюционного ряда, петалитовой подформации, редкометалльной формации. С другой стороны, учитывая то, что в описываемых литиеносных пегматитах встречались миаролы, то используя систематику миароловых пегматитов В.Е. Загорского с соавторами [65], их можно отнести и к берилл (морганит)-турмалиновому минерагеническому ряду петалитовой подформации редкометалльной формации. Но если сравнить содержание редких элементов с имеющимися в литературе данными [36, 64], то четкой тенденции отнесения литиеносных липовских пегматитов именно к этой подформации нет. Так, к примеру, взяв за основу данные В.В. Гордиенко [36], касающиеся среднего состава пегматитов различных формаций, лепидолит-альбитовые пегматиты Липовки по содержанию следующих элементов (в г/т): Rb (852), Li (420), Cs (198), Be (170) и Ta (95) можно отнести к формации редкометалльных пегматитов, а по содержанию Nb (67) к редкометалльно-редкоземельной формации. Если же сравнивать этот тип липовских пегматитов с субредкометалльными пегматитами Малхана, взяв за основу данные В.Е. Загорского [63], то лепидолит-альбитовые пегматиты Липовки, по содержанию следующих элементов (в г/т): Be (170), Ta (95), Rb (852) и Sn (12) существенно превосходят Малханские. При этом в пегматитах этих двух объектов в среднем одинаковое содержание Nb, но пегматиты Малхана значительно превосходят Липовские по содержанию Li и Cs. В противоположность этому, при сравнении содержаний редких элементов в литиеносных пегматитах с кларками Н.А. Солодова [193] следует, что по содержанию Li, Rb и Cs исследуемые пегматиты занимают среднее положение между редкометалльными промышленными и редкометалльными непромышленными пегматитами, а по Be, Ta и Nb они относятся к промышленным редкометалльным пегматитам. Из этого следует, что липовские литиеносные пегматиты, все-таки можно отнести к редкометалльным и ближе всего они соответствуют лепидолит-альбитовому типу.

Подводя итог можно отметить, что петрогенетическая классификация Р. Šerny [231] довольно удобна для определения типа пегматита, так гранитные (кварц-калишпатовые) пегматиты по геохимическим характеристикам относятся к NYF-типу (в них преобладает

ниобий-иттрий-фтористая специализация), а литиеносные пегматиты относятся к LCT-типу (в них преобладает литий-цезий-танталовая специализация).

Если же определять место пегматитов Липовского поля в другой (геологической) классификации Р. Šerný [231] и систематике В.Е. Загорского с соавторами [65], то:

а) Гранитные пегматиты по классификации [231], следует относить к топаз-берилловому типу или к топаз-берилловому ряду по систематике [65]. При этом подкласс по [231] будет миарол-редкоэлементным, который видимо, соответствует субредкометалльной подформации В.Е. Загорского с соавторами [65]. И, наконец, они соответствуют миароловому классу по Р. Šerný [231] или кристаллоносной формации по В.Е. Загорскому с соавторами [65]. Поэтому данные пегматиты можно называть топаз-берилловыми.

б) Литиеносные пегматиты данного объекта условно можно отнести к лепидолитовому подтипу [231] или к лепидолит-альбитовому типу [65] редкометалльной формации (редкоэлементного класса по Р. Šerný [231]) пегматитов. Поэтому данные пегматиты можно называть лепидолит-альбитовыми.

4.1 Выводы по Главе 4

Для типизации пегматитов объекта наиболее удобна петрогенетическая классификация Р. Šerný (2005), так гранитные топаз-берилловые пегматиты по геохимическим характеристикам относятся к NYF-типу (в них преобладает ниобий-иттрий-фтористая специализация), а литиеносные пегматиты относятся к LCT-типу (в них преобладает литий-цезий-танталовая специализация).

Плагиоклазиты имеют смешанное происхождение, в результате реакции с вмещающими породами и в классификации Р. Šerný [231] не рассматриваются. Тем более, что А.Е. Ферсман [209] отнес подобные тела к «пегматитам линии скрещивания» и выделил их в своей классификации (систематике) в отдельный обособленный тип десилицированных пегматитов.

ГЛАВА 5 МИНЕРАЛОГИЯ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ И ПЛАГИОКЛАЗИТОВ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ

5.1 Минералогия гранитных (топаз-берилловых) пегматитов

В данных пегматитах Липовского жильного поля обнаружено 40 минеральных видов. Рассматриваемые пегматиты в основном сложены: микроклином, ортоклазом, олигоклазом, мусковитом, кварцем, шерлом, оленитом и альбитом. Из аксессуарных и рудных минералов найдены (в порядке уменьшения их встречаемости): берилл, альмандин, спессартин, андалузит, хризоберилл, дюмортьерит, биотит, топаз, рутил ниобиевый, циркон, ганит, магнетит, ксенотим, монацит, апатит, манганоколумбит, ферроколумбит, ферротанталит, плюмбопирохлор, коффинит, уранинит, литиофорит, чералит, галенит, свинец, висмут, цинкхёгбомит, барит, золото, серебро, медь. Также в этих телах присутствуют ряд гипергенных по И.В. Пекову и Л.Р. Меметовой [163] минералов (развитых по гранитным пегматитам), таких как: гематит, асболан, коронадит, галлуазит, каолинит, монтмориллонит. Необходимо также перечислить минералы, развитые в реакционных зонах на контакте обычных пегматитов и серпентинитов. К ним относятся: клинохлор, антофиллит и флогопит.

В пегматитах этого типа Липовского жильного поля, автором с коллегами было дополнительно установлено 20 минеральных видов, а именно: золото, серебро, медь, свинец, висмут, галенит, цинкохёгбомит, уранинит, ганит, литиофорит, манганоколумбит, плюмбопирохлор, коффинит, андалузит, оленит, ксенотим, монацит, апатит, чералит и барит. При этом восемь из них (висмут, галенит, цинкохёгбомит, литиофорит, плюмбопирохлор, коффинит, ксенотим-(Y) и монацит-(Ce)) являются новыми для этого объекта минералами.

Далее приводится детальное описание выше перечисленных минеральных видов (кроме гипергенных минералов и минералов встреченных в реакционных каймах).

Золото, серебро и медь. По нашим данным [55, 257] встречаются в виде редкой, рассеянной, тонкой вкрапленности в графической зоне пегматитов. Они образуют мелкие (не более 10-20 мкм), округлые включения в кварце и полевых шпатах. Никаких сростаний с другими аксессуарными минералами и между собой металлы не образуют. Химический состав золота, серебра и меди приведен в таблице 5.1.1. Все металлы отличаются высокой пробностью и практически не содержат примесей. В количественном отношении преобладает самородная медь, при этом золото и серебро встречаются примерно одинаково. Установлено, что самородное золото из гранитного пегматита отличается более чистым составом, в отличие от своего аналога из лепидолитовой «кипелки» [55]. Такая высокая пробность в природе встречается достаточно редко и характерна для вторичного и гипергенного золота [136], а также для металла из рудных эксгалтов базальтов Большого трещинного извержения Толбачика [227] и из лунного реголита [137]. В целом, находка серебра и меди в топаз-берилловых

пегматитах очень интересна, так как ранее [136, 169, 177 и др.] в этих породах данные металлы не описывались [94].

Что касается самородного золота, то к примеру, по [22] в протолочках из клевеландита пегматитов Хух-Дель-Ула (Монголия) оно было найдено в виде пластинок размером до 1 мм (данные пегматиты кроме клевеландита сложены кварцем, мусковитом, шерлом, микроклином, альбитом и другими минералами).

Таблица 5.1.1 – Химический состав (в мас.%) самородных металлов из гранитного пегматита, по нашим данным [55]

Точки	Минерал	Cu	Au	Ag	Hg	Zn	Сумма
1	Cu	98,40	-	0,11	-	-	98,51
2	Cu	98,46	0,08	0,08	0,01	-	98,62
3	Cu	99,56	-	-	0,02	0,01	99,60
4	Cu	98,37	0,03	0,11	0,10	-	98,61
5	Ag	-	0,08	99,32	-	-	99,40
6	Au	0,05	99,87	0,01	-	-	99,93
7	Au	0,01	99,95	-	-	-	99,96

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Сатеса SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

На Урале серебро установлено в скарнах, колчеданных месторождениях, риолитах, серпентинитах и метаморфизованных медистых песчаниках, а также в гипергенном виде в зонах окисления различных руд. Самородная же медь, в пределах Урала, найдена в различных вулканитах, серпентинитах, медистых песчаниках, кварцевых жилах, а также в зонах окисления разнообразных медьсодержащих руд [136].

Свинец. Обнаружен нами [94], в образцах из Дюмортьеритовой жилы, где найден в виде мелких (до 5 мкм) включений, в матрице калиевого полевого шпата. Металл ассоциирует с зернами самородного золота, его микророндовый анализ показал присутствие только свинца и полное отсутствие каких-либо примесей. В целом, образование самородного свинца вполне логично связывать с разрушением и перекристаллизацией высоко урановых цирконов, которые как раз характерны для липовских пегматитов [94]. К этому же заключению пришел А.И. Гинзбург, в своей работе [30], связанной с описанием литиевых пегматитов. Тем более, что по данным А.И. Тугаринова с соавторами [206], экспериментально подтвержден факт миграции радиогенного свинца из урановых минералов, без их разрушения в условиях эндогенных процессов, при температурах и давлениях, соответствующих природным условиям метаморфизма [94].

На Урале, судя по [136], свинец отмечался в пегматоидных эгирин-авгитовых жилах, гидротермальных и гипергенных образованиях, а также аллювиальных отложениях. Интересно, что гипогенный свинец кристаллизуется в широком интервале температур и давлений, от мантийных условий (включения в черных алмазах [185]), до низкотемпературных метасоматитов (примазки и включения в пирите из аргиллизитов [3]).

Висмут. Обнаружен нами [94], в образцах из Дюмортьеритовой жилы, где образует редкие и мелкие (размером до 5 мкм) включения в полевых шпатах. Микрозондовый анализ показал присутствие только висмута, без каких-либо примесей, что позволило отнести его к самородному висмуту. Никаких сростаний с акцессорными минералами и другими металлами минерал не образует. Образование самородного висмута вполне логично связывать с перекристаллизацией акцессорных танталониобатов, которые по [163] в липовских пегматитах часто обогащены данным элементом, вплоть до образования самостоятельных минералов – бисмутотанталита и бисмутомикролита. Находки самородного висмута в уральских пегматитах не являются редкостью, к примеру, он описывался в жильных плагиоклазитах Уральских изумрудных копей [23], на Квартальном Та-Nb месторождении [197] и многих других объектах [94].

Также самородный висмут встречен в полиметаллической формации проявления Халвданпигтен Архапелага Шпицберген [186].

Галенит. Обнаружен с помощью метода микрозондового анализа. Минерал образует мелкие зерна в полевом шпате из пегматита Дюмортьеритовой жилы (образец 2л/09).

Цинкхёгбомит. По данным автора диссертации [90 и др.], минерал в виде пластинок в основном треугольной, реже гексагональной, формы, размером до 2-3 мкм, инкрустирует полости в магнетите (рисунок 5.1.1). Пластинки образуют как мономинеральные скопления, так и сростаются с другим минералом, по всей видимости с ильменитом [90, 99, 261].

Химический состав пластинок изучался нами [90, 99], на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV. Минерал характеризуется достаточно выдержанным составом (таблица 5.1.2) с высокими содержаниями цинка (ZnO 25-27 мас.%), алюминия (Al₂O₃ 50-53 мас.%), железа (FeO 9-13 мас.%) и титана (TiO₂ 9-12 мас.%), что позволяет уверенно относить его к цинкохёгбомиту. Из примесей в минерале отмечаются медь (CuO до 0,5 мас.%), марганец (MnO до 0,5 мас.%) и никель (NiO до 0,3 мас.%). По данным кристаллохимических пересчетов изученный цинкохёгбомит по своему составу достаточно хорошо соответствует цинкохёгбомиту-2H₂S или по старой классификации цинкохёгбомиту-8H [90, 99].

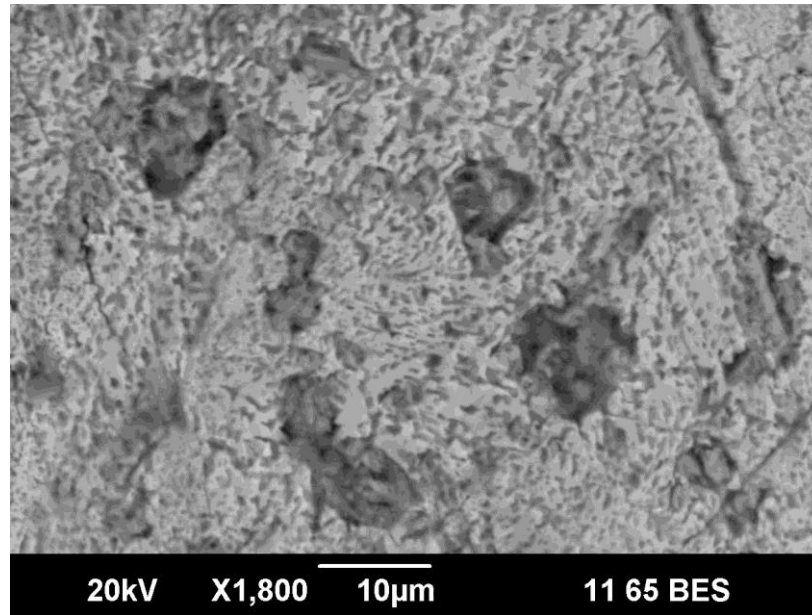


Рисунок 5.1.1 – Полости в ноздреватой матрице магнетита (светло-серое), инкрустированные пластинками цинкохёгбомита (темно-серое); BSE-изображение, СЭМ JSM-6390LV

Таблица 5.1.2 – Химический состав (в мас.%) цинкохёгбомита, наши данные [90, 99]

№	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	FeO	NiO	CuO	ZnO	Сумма
1	50,69	9,31	0,42	12,60	0,31	0,36	26,30	100,00
2	51,16	7,75	0,46	12,80	0,23	0,47	27,13	100,00
3	53,23	12,00	0,43	9,36	-	-	24,98	100,00
Кристаллохимические формулы на 16 атомов кислорода								
1	(Zn _{1.39} Al _{0.79} Fe _{0.75} Mn _{0.03} Cu _{0.02} Ni _{0.02}) _{3.00} (Al _{7.74} Ti _{0.50}) _{8.24} O ₁₅ (OH)							
2	(Zn _{1.43} Fe _{0.76} Al _{0.74} Mn _{0.03} Cu _{0.03} Ni _{0.01}) _{3.00} (Al _{7.87} Ti _{0.42}) _{8.29} O ₁₅ (OH)							
3	(Zn _{1.27} Al _{1.16} Fe _{0.54} Mn _{0.03}) _{3.00} (Al _{7.46} Ti _{0.62}) _{8.08} O ₁₅ (OH)							
Кристаллохимические формулы на 32 атома кислорода								
1	(Zn _{2.77} Al _{2.60} Fe _{1.50} Mn _{0.05} Cu _{0.05} Ni _{0.03}) _{7.00} (Al _{14.47} Ti _{1.00}) _{15.47} O ₃₁ (OH)							
2	(Zn _{2.86} Al _{2.47} Fe _{1.53} Mn _{0.06} Cu _{0.05} Ni _{0.03}) _{7.00} (Al _{14.74} Ti _{0.83}) _{15.57} O ₃₁ (OH)							
3	(Al _{3.34} Zn _{2.53} Fe _{1.08} Mn _{0.05}) _{7.00} (Al _{13.90} Ti _{1.24}) _{15.14} O ₃₁ (OH)							

Примечание: Анализы сделаны на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV (ИГТ УрО РАН, аналитик Л.В. Леонова).

В целом, цинкохёгбомит описывался в метаморфизованных бокситах [246], доломитовых мраморах [223] и апобазитовых хлоритовых будинах из серпентинитов [247]. Таким образом, описанная нами [90, 99] находка цинкохёгбомита в топаз-берилловых пегматитах является необычной и ранее в мире не описывалась. Образование хёгбомита связывается с ретроградным метаморфизмом амфиболитовой фации [249 и др.], когда первичные шпинелиды становятся неустойчивыми и распадаются на несколько минеральных фаз, что и произошло в гранитном пегматите при его остывании [90, 99]. Сделанная нами

находка цинкохёгбомита, в гранитном пегматите Липовки, является второй на Урале и, вероятнее всего, первой в Море для гранитных пегматитов.

Кварц. Основной породообразующий минерал пегматитов. Цвет кварца обычно от светло-серого (дымчатого) до бесцветного. По данным автора, кварц является сквозным минералом всех зон этого типа пегматитов: краевой (аплитовой), графической, блоковой и центральной. В частности, минерал образует ядра размером до 30x15x10 см в центральной части альбитовых скоплений приуроченных к графической зоне пегматита [86].

Рутил ниобиевый (устаревшее название – ильменорутил [120]). Рутил упоминался ранее [142], в протолочках проб гранитного пегматита, где его содержание составило 52,58 г/т, но не описывался.

Далее описание ниобиевого рутила приведено по данным автора диссертации с соавторами [52, 73]. Рутил ниобиевый является одним из главных рудных минералов топаз-берилловых пегматитов и встречается в сростании с колумбитом. Содержание рутила в этих "твердых растворах" достигает 60-80 об.% и колумбиты как бы распылены по всей матрице оксида титана (рисунок 5.1.2).

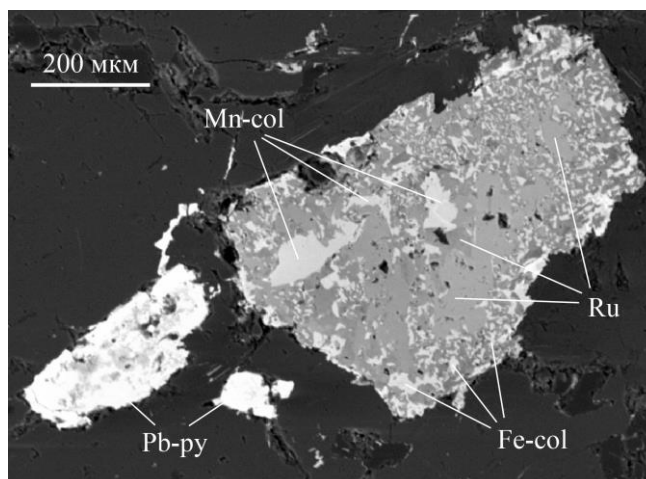


Рисунок 5.1.2 – Зерна рудных минералов в матрице гранитного пегматита; плюмбопирохлор (Pb-py), манганоколумбит (Mn-col), ферроколумбит (Fe-col) и ильменорутил (Ru); Cameca SX 100, снимок в BSE-изображении

Также по нашим данным [67], рутил встречен в андалузите, в виде включений размером до 1-2 мм в длину, в ассоциации с ферроколумбитом. По данным микрозондового анализа ниобиевый рутил (таблица 5.1.3, анализы 1-5) содержит заметное количество примесей ниобия (Nb_2O_5 в пределах 10,3-18 мас.%), тантала (Ta_2O_5 в пределах 8,7-11,6 мас.%), железа (FeO до 8,5 мас.%), олова (SnO_2 до 0,9 мас.%) и вольфрама (WO_3 до 1,4 мас.%). Вполне вероятно, что всё железо находится в минерале в трехвалентной форме. Содержание примесей в рутиле крайне неоднородное и в BSE-картинках (рисунок 5.1.2) минерал выглядит пятнистым [52, 73].

Таблица 5.1.3 – Химический состав ниобиевого рутила (в мас.%) из гранитных пегматитов Липовки, по нашим данным [52, 73]

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
WO ₃	1,08	0,96	1,01	1,08	1,38	1,53	1,70	1,72	1,66
Nb ₂ O ₅	10,27	12,37	14,66	16,64	17,99	28,31	27,34	28,17	28,56
Ta ₂ O ₅	11,65	9,39	10,49	8,76	9,34	8,62	9,72	10,12	10,59
UO ₂	-	0,01	0,04	0,07	-	-	-	0,07	0,04
SnO ₂	0,41	0,37	0,93	0,84	0,61	1,28	1,34	0,68	0,73
TiO ₂	68,02	68,05	62,49	62,94	61,07	44,73	44,90	43,52	42,73
SiO ₂	0,01	-	-	0,03	-	-	-	-	-
PbO	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
FeO	7,67	8,03	8,46	7,98	8,09	14,56	14,14	14,72	14,56
MnO	0,06	0,05	0,02	0,77	0,87	0,02	-	-	0,08
CaO	-	0,03	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Сумма	99,22	99,26	98,13	99,12	99,36	99,06	99,15	99,01	98,96

Примечание - ИГТ УрО РАН, микроанализатор Сатеса SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Изредка встречаются короткопризматические и изометричные зерна рутила (срастающиеся с колумбитом), размером до 1 мм. По данным микронзондового анализа, эти зерна (таблица 5.1.3, анализы 6-9) характеризуются повышенным содержанием ниобия (Nb₂O₅ до 28,6 мас.%), тантала (Ta₂O₅ до 11,7 мас.%) и железа (FeO до 14,6 мас.%), при явном снижении количества титана (TiO₂ с 61-68 мас.% до 43-45 мас.%) [73]. По всей вероятности, смесь ферроколумбита с ильменорутилом образовалась на месте какого-то первичного минерала, предельно обогащенного титаном и ниобием. Вполне возможно, что первичным минералом был урановый поликраз, из которого и образовались колумбит с рутилом и собственные урановые фазы (уранинит и коффинит), широко встречающиеся по всей матрице гранитного пегматита [73]. По данным Р. Šerný с соавторами, подобные твердые растворы ильменорутила с титанистыми ферроколумбитами (а также с титанистыми иксиолитами), широко распространены в редкометалльных гранитных пегматитах [228, 229].

Уранинит. Для данного типа жил Липовского жильного поля установлен нами [57, 61] впервые, так как ранее его упоминали в отчете [142], в качестве акцессорного минерала микроклин-альбитового пегматита с литиеносной минерализацией. Уранинит найден нами в виде включений, в закономерных срастаниях циркона с ксенотимом (рисунок 5.1.3), в матрице пегматита. Минерал слагает изометричные восьмигранники, размером до 20-25 мкм и, судя по всему, образует кристаллы в виде комбинации куба с октаэдром [57, 61].

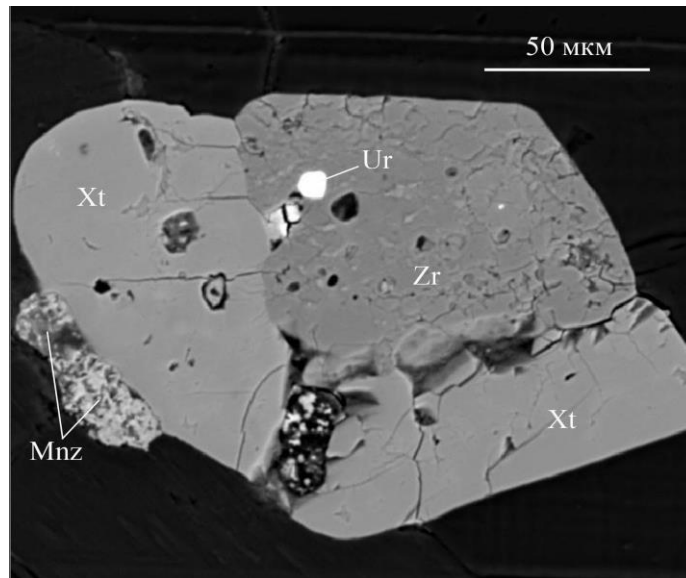


Рисунок 5.1.3 – Срастание циркона (Zr) с ксенотимом (Xt) содержащее включение уранинита (Ur) и обрастающее монацитом (Mnz), в матрице пегматита; BSE-фото, Cameca SX 100

По данным микрозондового анализа (таблица 5.1.4) минерал отличается высокими содержаниями тория (ThO_2 до 5,6 мас.%), свинца (PbO до 3,2 мас.%) и иттрия (Y_2O_3 до 1,1 мас.%). Кроме того, наблюдаются небольшие примеси церия, ниодима, кальция и кремния. Сумма анализов обычно не превышает 96,5-97%, что позволяет говорить о возможном присутствии в минерале шестивалентного урана и воды. Это подтверждается тем, что общий спектр, прописанный по зернам уранинита, присутствие других элементов не показывает. Большая часть литературных источников [225, 233 и др.] также приводит составы уранинитов в сумме от 93% до 98%, что объясняется различными факторами (большое количество вакансий, погрешность стандартизации и т.д.) [57, 61].

Таблица 5.1.4 – Химический состав (в мас.%) уранинита, по нашим данным [57, 61]

Эл-ты	1	2	3	4	5	6
P_2O_5	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03
ThO_2	5,46	5,56	5,59	5,58	5,56	5,57
UO_2	85,09	85,20	85,14	85,20	85,18	85,14
SiO_2	0,61	0,67	0,64	0,66	0,66	0,71
La_2O_3	-	-	0,06	-	0,03	-
Ce_2O_3	0,13	0,15	0,01	0,19	0,11	0,23
Nd_2O_3	0,24	0,22	0,18	0,18	0,16	0,17
Y_2O_3	1,04	1,05	1,05	1,07	1,06	1,08
PbO	3,11	3,15	3,16	3,13	3,15	3,14
CaO	0,74	0,73	0,76	0,76	0,77	0,74
Сумма	96,47	96,76	96,65	96,80	96,72	96,81

Примечание - микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Хризоберилл. Был установлен в гранитных пегматитах данного объекта В.И. Кайновым в 1986 году [103], но исследователи ограничились только описанием морфологии кристаллов хризоберилла и не проводили каких-либо аналитических работ [86].

Нами [86] минерал наблюдался в кварц-мусковит-альбитовых участках (рисунки 5.1.4 и 5.1.4.1), расположенных в графической зоне пегматитовых тел. При этом, он нередко ассоциирует с голубоватым бериллом. Хризоберилл обычно наблюдается в виде идиоморфных кристаллов, реже уплощенных двойников и незакономерных сростков, встречаются и тройники этого минерала. Индивиды хризоберилла имеют уплощенный, пинакоидальный габитус. Наиболее развитыми гранями у кристаллов являются грани пинакоида $a\{100\}$, за счёт чего они приобретают уплощенный облик. Развитие граней призм придаёт кристаллам призматический габитус. Их цвет варьирует от желтовато-зеленого до салатно-зеленого. Рентгенометрическое исследование минерала показало полное сходство межплоскостных отражений и параметров элементарной ячейки с эталоном хризоберилла [86].

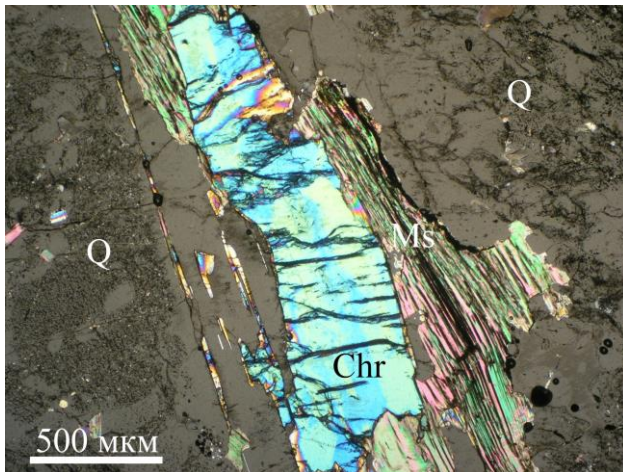


Рисунок 5.1.4 – Кристалл хризоберилла (Chr) в слюдистой (Ms) «рубашке» и кварце (Q); фото полированного шлифа, с анализатором



Рисунок 5.1.4.1 – Кристалл хризоберилла в гранитном топаз-берилловом пегматите (жила Хризоберилловая)

Из подобных жил В.И. Кайновым и В.И. Жернаковым [103] и были описаны кристаллы хризоберилла. Гониометрические измерения 15 индивидов показали, что они образованы комбинацией восьми обычных для хризоберилла форм (рисунок 5.1.5 а-в). Максимальные размеры кристаллов 30x7x4 мм, двойников – 17x15x7 мм. В пластинках толщиной более 0,2 мм хризоберилл отчетливо плеохроирует от зеленовато-желтого по Nr до бесцветного по Nm. К зонам [010] отдельных кристаллов, тяготеют серии вытянутых вдоль [001] волосовидных газово-жидких включений [103].

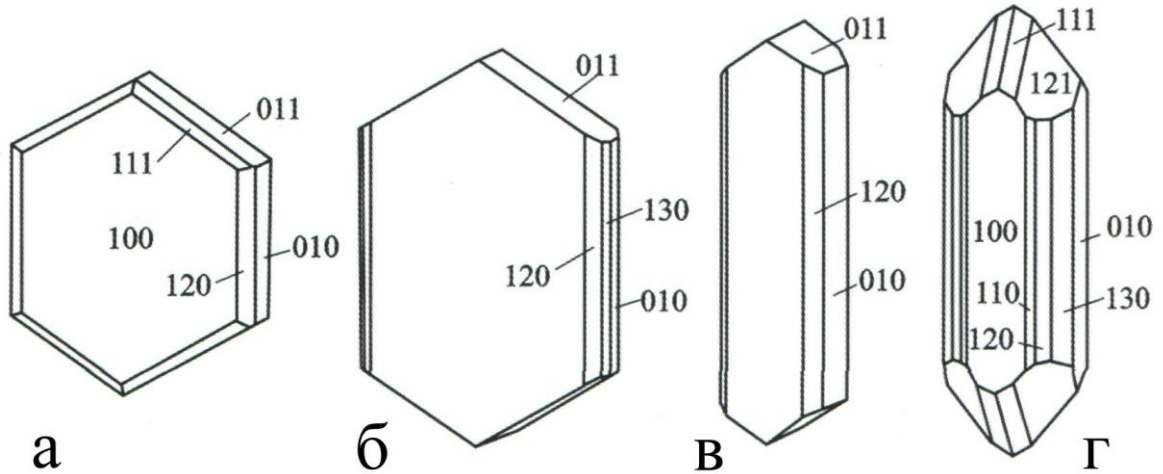


Рисунок 5.1.5 – Кристаллы хризоберилла из гранитных пегматитов (а-в) и десилицированных жил (г); рисунки приведены по [103, 171]

Химический состав хризоберилла приведен в таблице 5.1.5. По данным автора и Д.А. Ханина [86], минерал значительно обогащен примесью железа (Fe_2O_3 до 4,2 мас.%) и местами содержит небольшие концентрации титана (TiO_2 до 0,5 мас.%). Сумма полученных анализов занижена (в пределах 82-83%), так как в хризоберилле не определялся бериллий, содержание которого в эталоне достигает 19,7% BeO [86].

Таблица 5.1.5 – Химический состав (в мас.%) хризоберилла Липовки, по нашим данным [86]

№	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	Сумма
1	0,05	-	79,39	0,01	3,13	0,02	-	82,60
2	0,02	0,01	79,15	0,05	3,15	-	0,01	82,39
3	0,05	0,47	78,71	0,11	3,46	0,01	0,00	82,81
4	-	0,18	78,19	0,02	4,15	0,01	0,01	82,56
5	-	0,36	78,38	0,05	3,64	-	0,01	82,44
6	-	0,05	78,99	0,02	3,73	0,05	0,02	82,86

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Интересно, что в природных хризобериллах количество бериллия всегда занижено и обычно варьирует от 17 до 18% [1, 23 и др.], поэтому полученные нами результаты анализов являются вполне корректными и воспроизводимыми [86]. Подобные гранитные пегматиты, с аналогичным по химическому составу хризобериллом, встречались в пределах Адуйского гранитного массива в жиле Южная [62]. Также мелкие (до 1 мм) кристаллики и зерна хризоберилла желтого цвета, встречены в хлоритовых сланцах обрамляющих немецкую жилу.

Ганит. В пределах Липовского пегматитового поля был установлен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], в пегматите с литиевой минерализацией Михеевской жилы. В гранитных топаз-берилловых пегматитах данного объекта установлен нами [70] впервые. Ганит слагает редкую вкрапленность, по всей матрице пегматита, кроме кварцевых ядер и приконтактовых зон. Размер его зерен редко превышает 1-2 мм (рисунок 5.1.6).

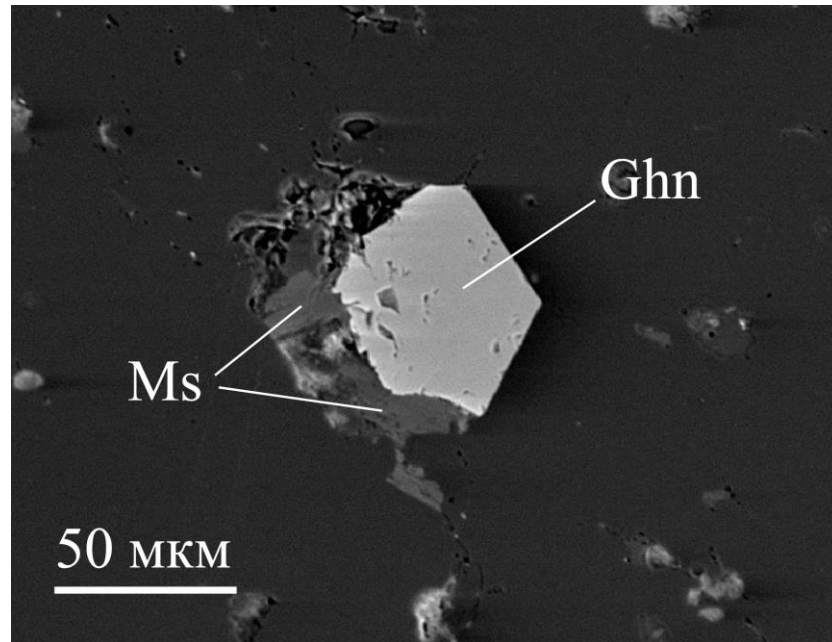


Рисунок 5.1.6 – Зерно ганита (Ghn) с «рубашкой» мусковита (Ms), в матрице гранитного пегматита; снимок BSE, Cameca SX 100 по [70]

Форма шпинелида, по нашим данным [70], варьирует от октаэдрической до ромбододекаэдрической. Визуально в образцах минерал кажется почти черным, в тонких сколах и в шлифах окрашен в зеленоватые тона. Обычно ассоциирует с мусковитом, который развивается по периферии индивидов ганита и, возможно, частично замещает их. Следует отметить, что в ассоциации с ганитом постоянно присутствует вкрапленность магнетита. В целом, ганит характеризуется устойчивым химическим составом (таблица 5.1.6, анализы 1-5), никакой зональности в зернах не обнаружено. Минерал содержит примеси железа (FeO до 8,9 мас. %), марганца (MnO до 1 мас. %) и магния (MgO до 0,8 мас. %). Минеральный состав шпинелида: ганит – 71-72 %, герцинит – 22-23 %, шпинель – 3-4 % и галаксит – 2-3 %. По составу этот ганит немного отличается от своих аналогов из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки и редкометалльных пегматитов Адуя (таблица 5.1.6, анализ 6). Интересно, что липовский ганит предельно глиноземистый и позиция трехвалентных элементов полностью занята алюминием [70].

Магнетит. Ранее найден в протолочках одной из проб, взятых из гранитных пегматитов [142], где его содержание достигает 294 г/т. Но никаких описаний магнетита предыдущими

исследователями сделано не было. Минерал найден нами [70], в Хризоберилловой жиле (карьер № 6). Иногда в ассоциации с ним встречается ганит.

Таблица 5.1.6 – Химический состав (в мас. %) ганита из пегматитов Липовки и Адуя

Эл-ты	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	0,05	0,09	0,03	0,03	0,03	-
TiO ₂	-	-	-	0,02	-	-
Al ₂ O ₃	56,47	56,35	56,65	56,62	56,57	55,20
Cr ₂ O ₃	-	0,03	0,03	0,04	-	-
FeO	8,82	8,85	8,66	8,80	8,90	13,32
MnO	0,88	1,03	0,98	0,97	0,93	1,52
MgO	0,78	0,78	0,75	0,74	0,75	0,45
CaO	0,01	0,01	-	0,01	-	-
ZnO	32,20	31,75	31,77	32,30	31,99	29,37
Сумма	99,21	98,89	98,87	99,53	99,17	99,86
Кристаллохимические формулы						
1	$(Zn_{0.72}Fe_{0.22}Mg_{0.04}Mn_{0.02})_{1.00}Al_{2.00}O_4$					
2	$(Zn_{0.71}Fe_{0.22}Mg_{0.04}Mn_{0.03})_{1.00}Al_{2.00}O_4$					
3	$(Zn_{0.71}Fe_{0.22}Mg_{0.03}Mn_{0.03})_{0.99}Al_{2.01}O_4$					
4	$(Zn_{0.72}Fe_{0.22}Mg_{0.03}Mn_{0.03})_{1.00}Al_{2.00}O_4$					
5	$(Zn_{0.71}Fe_{0.23}Mg_{0.03}Mn_{0.02})_{0.99}Al_{2.01}O_4$					
6	$(Zn_{0.66}Fe_{0.29}Mn_{0.04}Mg_{0.02})_{1.01}(Al_{1.94}Fe_{0.05})_{1.99}O_4$					

Примечание - Анализы сделаны на Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер); анализы 1-5 – наши данные [70], анализ 6 – жила Телефонка, Адуя по [118].

По данным автора диссертации [90], зерна магнетита распылены по всей матрице гранитного пегматита и слагают выделения до 1 см в диаметре. Обычно они ксеноморфные, но в них угадывается облик октаэдрического кристалла (рисунок 5.1.7). Цвет черный, притягивается к магниту. Химический состав магнетита достаточно выдержанный и чистый. По данным микронзондового анализа (ИГГ УрО РАН, микронзонд САМЕСА SX 100, аналитик В.В. Хиллер) в минерале отмечаются следующие примеси: хром (Cr₂O₃ до 0,6 мас.%), марганец (MnO до 0,4 мас.%), алюминий (Al₂O₃ до 0,3 мас.%), кремний (SiO₂ до 0,3 мас.%) и титан (TiO₂ до 0,2 мас.%) (таблица 5.1.7) [90].

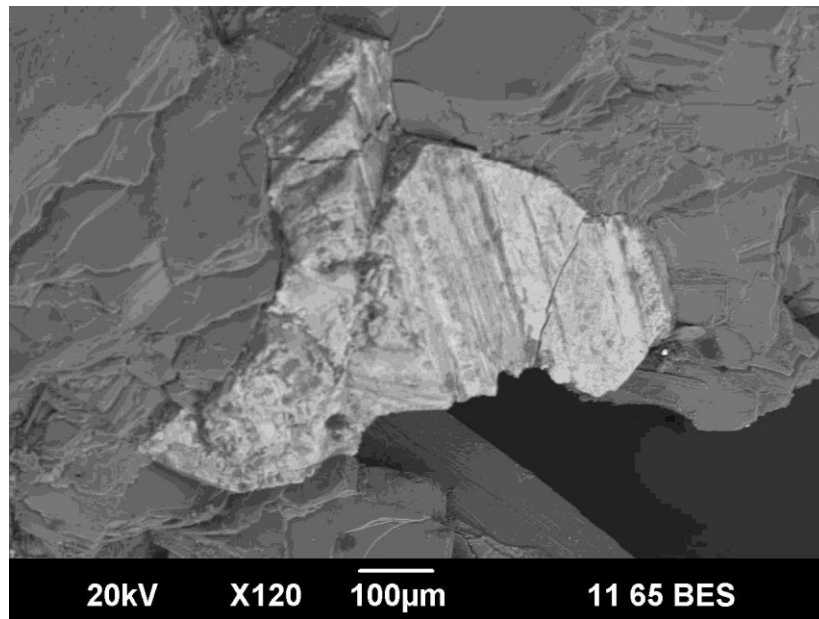


Рисунок 5.1.7 – Зерно магнетита в мусковите из матрицы гранитного пегматита (обр. №34л/11); фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

Литиофорит. Был установлен нами [213], в Хризоберилловой жиле. Здесь он встречается во всем объеме пегматитового тела, в виде отдельных землистых масс, нарастающих на зёрна полевого шпата. Размер таких выделений обычно не превышает 1-2 мм. Блеск матовый. Цвет синевато-чёрный, черта серовато-бурая, при растирании желтеет. Рентгеноструктурное исследование пробы показало полное сходство межплоскостных отражений (9,39; 4,72; 3,12; 2,37; 2,03; 1,879; 1,576; 1,447; 1,389 Å) и параметра элементарной ячейки с эталоном литиофорита из ASTM (card 16-364). Точная диагностика минерала затруднительна из-за сложности определения лития. Это первая находка литиофорита в пределах Липовского жильного поля [213].

Танталониобаты. По данным [163], для этого типа пегматитов Липовки в качестве рудного минерала характерен ферроколумбит и танталит промежуточного по Fe/Mn-отношению состава. Причем танталиты встречаются в миароловых полостях в осевых (центральных) зонах жильных тел. По результатам наших исследований установлено, что рудная минерализация в гранитных пегматитах Липовки более разнообразная и представлена ферроколумбитом, манганоколумбитом, ниобиевым рутилом, а также плюмбопирохлором [52]. В целом, изученные минералы (особенно ферроколумбит и манганоколумбит) являются характерными и часто встречающимися для редкометалльных гранитных пегматитов. На Урале они распространены в жильных телах Мурзинско-Адуйского гранитного массива [169, 176, 177 и др.] и пегматитах Ильменских гор [169]. По данным отчета [142], "в шпироподобных пегматитовых обособлениях расположенных в мусковитовых гранитах были установлены отдельные повышенные содержания колумбита – до 40 г/т".

Манганоколумбит. Установлен нами [52], в данном типе пегматитов этого объекта впервые. До этого, на Липовском жильном поле минерал был описан И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] в литиеносных пегматитах с лепидолитом и цветными турмалинами. Манганоколумбит найден нами в «Дюмортьеритовой» жиле (карьер № 6), встречается значительно реже ферроколумбита и в виде отдельных кристаллов не установлен. Локализуется в зернах сложенных рутил-колумбитовым агрегатом. Выделения манганоколумбита имеют неровные очертания, они обычно более крупные (размером до 50-70 мкм), чем рядом расположенные зерна ферроколумбита (рисунок 5.1.2). По результатам микрозондового анализа манганоколумбит (таблица 5.1.7) является низко танталовым (Ta_2O_5 в пределах 8-15 мас.%) и содержит заметные примеси титана (TiO_2 в пределах 3,5-5,2 мас.%), железа (FeO в пределах 5,8-7,1 мас.%), олова (SnO_2 до 1 мас.%) и вольфрама (WO_3 до 3,1 мас.%). По всей вероятности, также как и смесь ферроколумбита с рутилом, является вторичным минералом [52].

Таблица 5.1.7 – Химический состав манганоколумбита (в мас.%) из гранитных пегматитов Липовки, по нашим данным [52]

NN	WO_3	Nb_2O_5	Ta_2O_5	UO_2	SnO_2	TiO_2	SiO_2	FeO	MnO	CaO	Сумма
1	3,12	63,16	9,31	0,12	0,96	3,54	0,08	5,96	12,46	0,03	98,74
2	2,70	58,38	14,70	0,20	0,73	3,39	-	7,13	11,44	0,05	98,72
3	2,55	60,69	10,15	0,15	0,84	5,22	0,04	5,79	12,41	0,05	97,89
4	2,72	64,02	8,15	0,07	1,01	3,45	0,02	6,79	11,85	0,02	98,10

Примечание – Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Ферроколумбит. В данном типе липовских пегматитов упомянут в работе [136], минерал ассоциирует с мусковитом, альбит-олигоклазом, альмандин-спессартином и шерлом, но никаких данных по его составу приведено не было.

По нашим данным [52], ферроколумбит является главным рудным минералом гранитных топаз-берилловых пегматитов и слагает два типа выделений. Первый тип, на наш взгляд более редкий, представлен отдельными индивидами, удлиненно-пластинчатыми кристаллами, размером до 1 см в длину. Никаких включений индивиды не содержат и сростаний с другими рудными минералами не образуют (рисунок 5.1.8). По результатам микрозондового анализа (таблица 5.1.9, анализы 1-4), минерал сильно варьирует по содержанию тантала (Ta_2O_5 от 9 до 38 мас.%) и вольфрама (WO_3 от 1,3 до 4,3 мас.%), а также отличается устойчивым количеством марганца (MnO 4-5 мас.%) и титана (TiO_2 1-2 мас.%). Интересно, что для более танталовых разновидностей минерала, уже характерен короткопризматический и изометричный облик кристаллов [52].

Второй тип ферроколумбита, встречается намного чаще первого и составляет тонкозернистую смесь с ниобиевым рутилом, хотя визуально подобные агрегаты выглядят как однородные индивиды рудного минерала. Ферроколумбит образует скопления и отдельные ламмели, размером до 20-30 мкм, в матрице ниобиевого рутила (рисунок 5.1.2). Его содержание варьирует от 20 до 40 об.%. По результатам микрозондового анализа, данный тип колумбита (таблица 5.1.8, анализы 5-6) является предельно железистым (FeO до 17-18 мас.%) и высоко титанистым (TiO₂ до 8,5-9,5 мас.%), а также содержит заметные примеси марганца (MnO до 1,3 мас.%), урана (UO₂ до 2,9 мас.%), олова (SnO₂ до 0,8 мас.%), вольфрама (WO₃ до 2,5 мас.%) и тантала (Ta₂O₅ до 7-8 мас.%) [52].

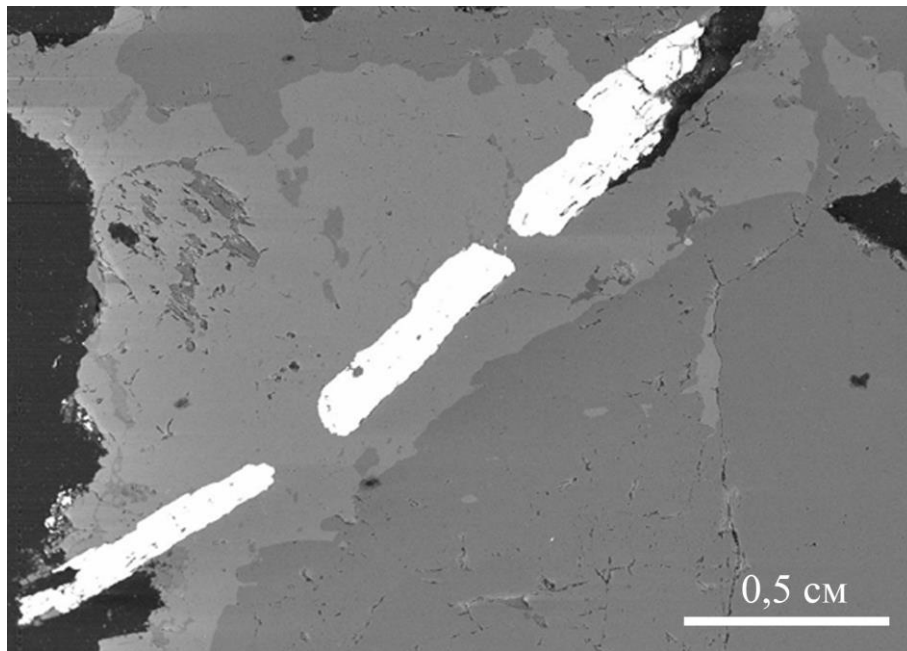


Рисунок 5.1.8 – Индивиды ферроколумбита в матрице гранитного пегматита; Cameca SX 100, снимок в BSE-изображении

Таблица 5.1.8 – Химический состав ферроколумбита (в мас.%) из гранитных пегматитов Липовки, по нашим данным [52]

NN	WO ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	UO ₂	SnO ₂	TiO ₂	SiO ₂	FeO	MnO	CaO	Сумма
1	1,30	65,89	9,10	-	0,63	1,26	0,05	14,28	5,89	-	98,40
2	3,73	46,87	28,25	0,10	0,18	1,95	-	13,35	5,34	0,02	99,79
3	3,25	49,97	26,05	0,01	0,24	1,31	-	12,89	5,72	0,02	99,46
4	4,33	36,85	38,71	0,09	0,15	1,75	0,01	12,25	5,42	0,04	99,60
5	2,33	57,94	7,25	2,91	0,52	8,53	0,03	16,60	1,26	-	97,37
6	2,51	57,53	8,66	0,05	0,78	9,52	-	18,42	0,11	-	97,58

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

По всей вероятности, смесь ферроколумбита с рутилом образовалась на месте какого-то первичного минерала, предельно обогащенного титаном и ниобием. По данным [228, 229 и др.], подобные твердые растворы ниобиевого рутила с титанистыми ферроколумбитами, а также с титанистыми иксиолитами широко распространены в редкометалльных гранитных пегматитах [52].

Ферротанталит. По данным И.В. Пекова и Л.Р. Меметовой [163], минерал образует крупные, таблитчатые кристаллы размером до 3 см и представлен высокомарганцевой разновидностью, переходной к манганотанталиту. Ферротанталит встречается в небольших миаролах простых по составу пегматитов [163].

Плюмбопирохлор. Это первая, сделанная нами [74], находка данного минерала в пределах Липовского жильного поля, до этого И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] в литиеносных пегматитах был обнаружен его танталовый аналог – плюмбомикролит [52].

По нашим данным [52], плюмбопирохлор встречается редко и слагает собственные неоднородные зерна, размером до 150 мкм (рисунок 5.1.2), часто в сростании с измененным чералитом. В отдельных случаях, тяготеет к скоплениям рутил-колумбитовых агрегатов. Химический состав минерала достаточно устойчивый и уверенно определяется по высоким концентрациям свинца и ниобия (таблица 5.1.9). Судя по заниженной сумме анализов, в минерале может присутствовать вода. Вероятнее всего плюмбопирохлор заместил какой-то первичный минерал. Это подтверждается его сростанием с измененным чералитом, неоднородным строением и приуроченностью минерала к краевым зонам индивидов [52]. По существующей в данный момент систематике данный минерал ближе всего схож с кеноплюмбопирохлором.

Плюмбопирохлор считается вполне обычным минералом щелочных пород и гранитов, а также связанных с ними пегматитов. На Урале этот минерал описывался в щелочных гранитах Тай-Кеу с Полярного Урала [187], а также в амазонитовых пегматитах Ильменских гор [169].

Таблица 5.1.9 – Состав плюмбопирохлора (в мас.%) из гранитных пегматитов Липовки, по [52]

NN	P ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	UO ₂	ThO ₂	TiO ₂	SiO ₂	PbO	FeO	MnO	CaO	Сумма
1	1,68	23,88	9,27	5,19	0,93	3,02	10,18	33,58	2,42	0,08	2,39	92,63
2	1,97	25,55	8,27	5,09	0,51	2,65	8,82	34,95	2,37	0,09	2,46	92,72
3	1,83	25,02	9,08	4,98	0,62	2,75	9,77	34,44	2,02	0,14	2,39	93,03
4	2,33	24,25	9,02	4,89	1,33	2,91	9,71	34,04	2,77	0,08	2,35	93,69

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Циркон. По данным [142], минерал найден в протолочках проб гранитного пегматита, где его содержание составило 5 гр/тонну. До этого циркон был также найден в гранитоидах,

широко распространенных на данном объекте [144, 151]. Нами [61], были обнаружены закономерные сростания циркона с ксенотимом (рисунки 5.1.3; 5.1.17). Закон сростания для этих минералов вполне обычный и часто описываемый в литературе [169 и др.], так их оси [001] совпадают, а грани дипирамид $p\{111\}$ циркона и $e\{011\}$ ксенотима параллельны. Размер сростаний не превышает 1 мм. Они хорошо выделяются своей желтой окраской, на светло-сером фоне графического пегматита. Иногда в матрице циркона наблюдаются небольшие включения ксенотима [61]. Все отобранные из гранитного пегматита цирконы оказались метамиктными. По данным ЭДС-приставки в цирконах обнаружены примеси гафния (HfO_2 до 4,1 мас.%), как например, во включениях циркона в матрице апатита (рисунок 5.1.9).

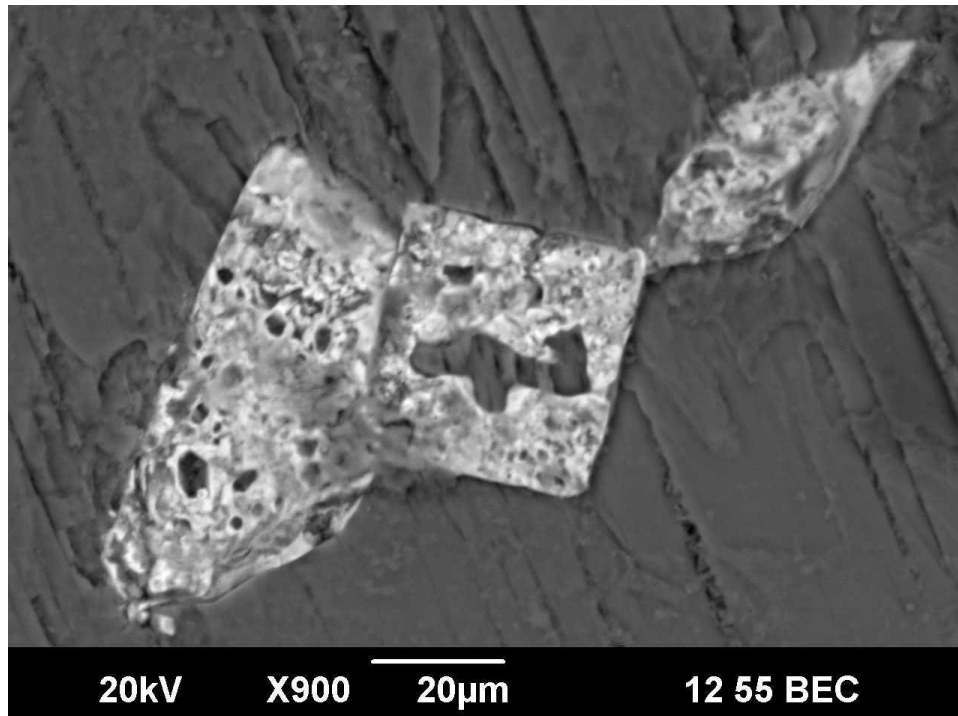


Рисунок 5.1.9 – Кристаллы циркона в матрице апатита; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

Коффинит. В гранитных пегматитах Липовского жильного поля данный минерал установлен нами [61] впервые. Он слагает мелкие округлые индивиды размером до 5-10 мкм, в сростании с более крупными зернами циркона (рисунок 5.1.10), в матрице пегматита Дюмортьеритовой жилы.

Химический состав коффинита (таблица 5.1.10) показывает высокие примеси тория (ThO_2 до 2,3 мас.%), иттрия (Y_2O_3 до 10 мас.%) и свинца (PbO до 2,6 мас.%). Небольшие вариации в сумме компонентов (от 92 до 97,7%) возможно связаны с присутствием воды, так как под действием радиоактивности минерал переходит в метамиктное состояние [61].

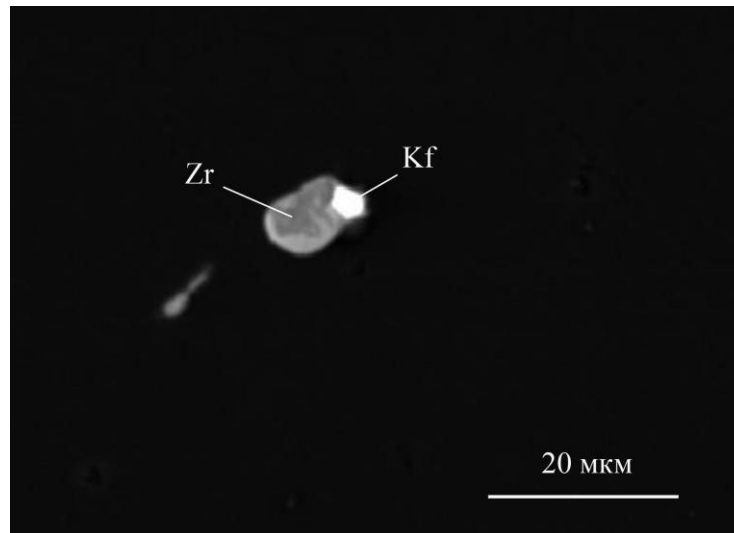


Рисунок 5.1.10 – Срастание циркона (Zr) с коффинитом (Kf) в силикатной матрице пегматита; фото в отраженных электронах, Cameca SX 100

Таблица 5.1.10 – Химический состав (в мас.%) коффинита, наши данные [61]

№	ThO ₂	UO ₂	SiO ₂	Ce ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	PbO	Сумма
1	2,33	65,12	16,45	0,06	9,84	2,37	96,18
2	2,03	65,80	13,78	-	7,73	2,44	91,78
3	2,13	69,06	15,57	0,05	6,09	2,56	95,47
4	2,14	69,88	17,62	0,08	5,33	2,60	97,66

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Альмандин. По данным И.В. Пекова и Л.Р. Меметовой [163], данный минерал редко встречается в пегматитах Липовки и представлен высокомарганцевистой разновидностью, переходной к спессартину. Он формирует как мелкие (до 2 мм) самостоятельные тетрагонтриоктаэдрические красные кристаллы в простых пегматитах, так и ядра кристаллов железистого спессартина [163].

Типичная форма кристаллов граната представлена в виде тетрагонтриоктаэдра, с небольшим развитием граней ромбододекаэдра (рисунок 5.1.11).

В других же геологических обстановках, гранат является довольно распространенным минералом встречающимся в основном в метаморфических породах, к примеру он распространен в породах Сысертского метаморфического комплекса на Урале. Интересно, что по данным Ю.Л. Гульбина "при определенных условиях гранат даже может являться носителем редкоземельных элементов и иттрия (в ставролитсодержащих сланцах Сев. Приладожья)" [40].

Спессартин. Впервые, как минерал гранитных пегматитов Липовского жильного поля, упоминается в работе [104]. В пределах объекта, особенно широко распространена его железистая разновидность красного цвета, образующая кристаллы до 1 см, в форме

тетрагонтриоктаэдра. При этом железистый спессартин – характерный минерал простых пегматитов с мелкими миаролами, а также бесполостных кварц-ортоклаз-олигоклазовых пегматитов с хризобериллом. Химический состав: CaO 0,77; MgO 0,43; MnO 23,17; FeO 21,30; Al₂O₃ 21,23; SiO₂ 33,71; сумма 100,61 [163].

По нашим данным [58, 86], железистый спессартин приурочен к центральной (графической) части пегматитовых тел и является главным и практически единственным первичным минералом марганца в гранитных пегматитах данного объекта (рисунок 5.1.11.1).

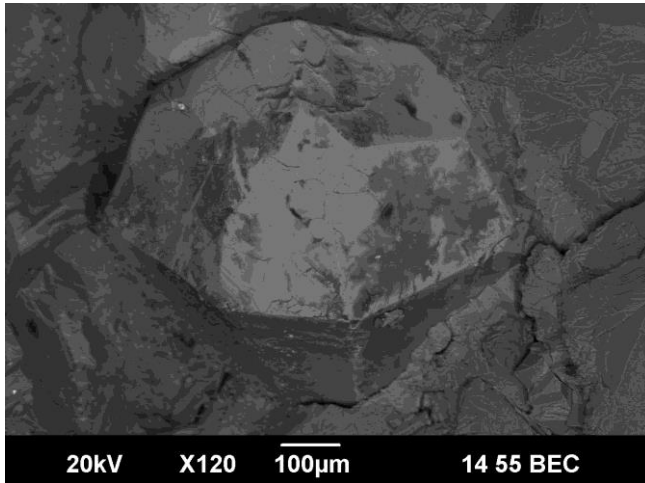


Рисунок 5.1.11 – Кристалл альмандина в кварц-полевошпатовом агрегате из мелко-среднезернистой зоны пегматита; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV



Рисунок 5.1.11.1 – Индивиды спессартина в кварц-полевошпатовом агрегате гранитного пегматита

Топаз. По Э.Ф. Емлину с соавторами [44], минерал представлен ярко-голубыми индивидами до 2,5 см в поперечнике, но в основном более мелкими до 1 см. Топаз наблюдается в парагенезисе с ортоклазом, дымчатым кварцем, мусковитом, зеленым бериллом и шерлом, при этом он уступает (по количеству и общей массе кристаллов) прочим минералам друзового выполнения. Крупные зерна обычно замутнены газово-жидкими включениями, трещиноваты; мелкие – чисты и прозрачны [44].

По нашим данным [51], топаз является типоморфным минералом гранитных пегматитов Липовского жильного поля. Автором совместно с Ю.В. Ерохиным были изучены два индивида этого минерала, размером до 1 см по удлинению, имеющие короткопризматический облик. Кристаллы обломаны с одного конца и несут следы механических воздействий (сколы, сглаженные ребра и др.). По результатам замеров был вычерчен идеализированный кристалл. Полупрозрачный, голубоватый кристалл (рисунок 5.1.12) сложен ромбическими призмами – $u\{021\}$, $m\{110\}$, $l\{120\}$, $d\{101\}$, ромбическими дипирамидами – $u\{112\}$, $i\{113\}$ и пинакоидом – $c\{001\}$. На гранях ромбических призм горизонтального кольца отмечается комбинационная

штриховка, вызванная их совместным ростом – $[110]:[120]$. Верхушка кристалла, а точнее поверхность граней $c\{001\}$ и $y\{021\}$ слегка корродированна и содержит отпечатки от индивидов слюды. Эти кристаллы топаза резко отличаются от индивидов из лепидолит-альбитовых жил и, судя по облику, больше напоминают кристаллы «мурзинского» типа [51].

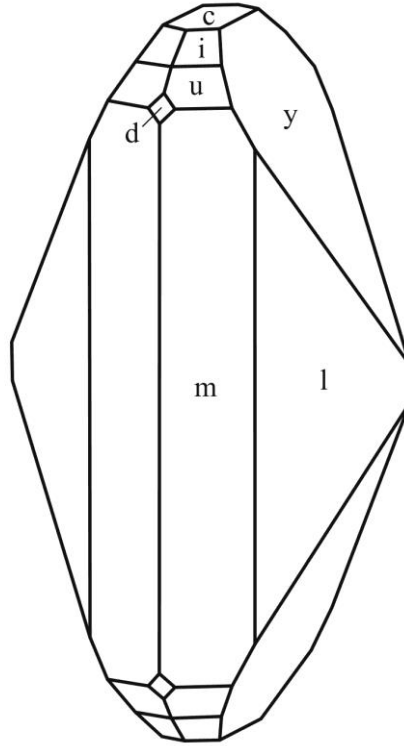


Рисунок 5.1.12 – Кристаллы голубого топаза из гранитного пегматита [51]

Дюмортьерит. О достоверной находке дюмортьерита в жилах Липовки было известно еще в 1992-1993 годах (устное сообщение В.И. Кайнова, а также Л.А. Паутова), но упоминается он только в 1999 году [104]. В более поздних работах дюмортьерит уже упоминался часто и не только как минерал гранитных пегматитов, но и в жилах с эльбаитом и лепидолитом [44; 163 и др.]. К сожалению, ни в одной из этих публикаций химический состав липовского алюмоборосиликата не приводился.

Дюмортьерит, в пределах Липовского жильного поля, отмечался нами [72] исключительно в графической зоне пегматита. Он слагает сноповидные агрегаты, размером до 1-2 см, состоящие из игольчатых кристаллов (рисунки 5.1.13, 5.1.14), голубого и темно-синего цвета. Минерал обычно встречается в парагенезисе с железистым оленитом. В шлифах дюмортьерит характеризуется резким плеохроизмом, от синего до желтоватого. Вторичными минералами не замещается, включений не содержит [72].

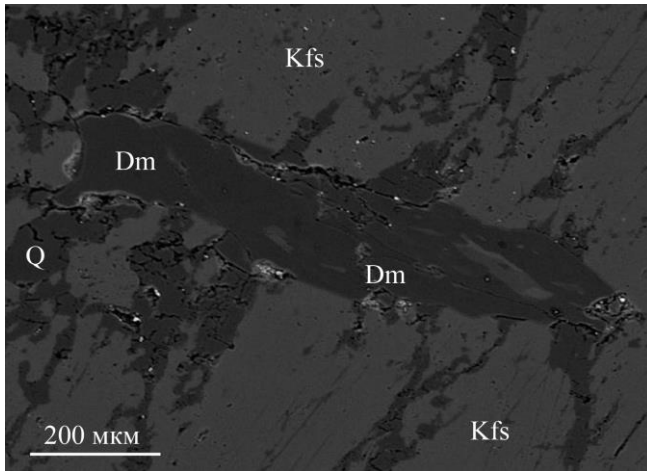


Рисунок 5.1.13 – Индивид дюмортьерита (Dm) в агрегате калишпата (Kfs) и кварца (Q); BSE-изображение, Cameca SX 100

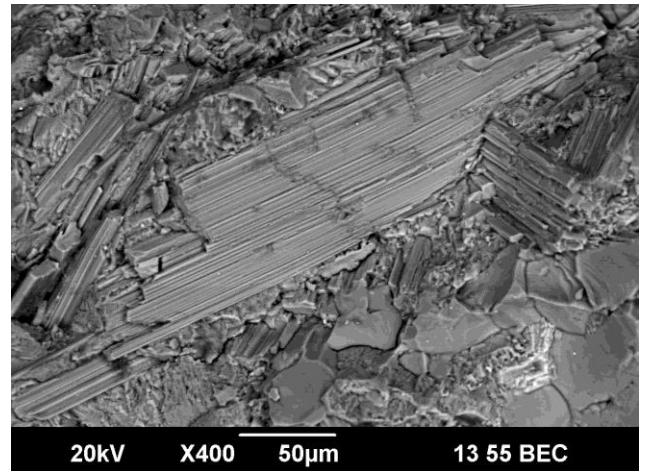


Рисунок 5.1.14 – Кристаллы дюмортьерита в кварце; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

В BSE-изображении отдельные индивиды дюмортьерита, в центральной части, содержат чуть более осветленные зоны (рисунок 5.1.13), неправильной формы. Возможно, это реликты первой генерации минерала, которые по мере роста индивида обросли или заместились второй генерацией дюмортьерита [72].

Иногда наблюдаются футляровидные сростки этого минерала, при этом ядро индивидов (или сростков) имеет более темный цвет, по сравнению с его краями. Химический состав липовского дюмортьерита приведен в таблице 5.1.11.

Таблица 5.1.11 – Химический состав (в мас.%) дюмортьерита Липовки

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	B ₂ O ₃ *	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	H ₂ O*	Сумма
1	30,63	0,15	59,07	-	6,11	1,17	-	0,31	0,79	98,27
2	30,70	0,33	59,31	-	6,11	1,02	0,01	0,26	0,79	98,54
3	30,95	0,28	58,40	0,05	6,11	1,07	-	0,24	0,79	97,94
4	30,93	0,40	58,50	0,03	6,11	1,08	-	0,26	0,79	98,10
5	31,89	0,16	59,83	0,06	6,11	1,00	-	0,48	0,79	100,36
6	32,03	0,22	59,58	-	6,11	1,00	0,01	0,60	0,79	100,41
7	31,88	-	60,00	-	6,11	0,86	0,01	0,33	0,79	100,04
8ц	31,72	0,13	59,51	-	6,11	0,89	0,03	0,37	0,79	99,55
8кр	31,23	0,06	60,61	0,03	6,11	0,81	-	0,31	0,79	100,00

Примечание – Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер; * – теоретическое содержание В₂O₃ и воды в эталонном дюмортьерите; анализы 1-4 – I-генерация; анализы 5-8 – II-генерация.

Нами установлено [72], что дюмортьерит содержит в виде примесей железо (Fe₂O₃ до 1,2 мас.%), магний (MgO до 0,6 мас.%) и титан (TiO₂ до 0,4 мас.%), при этом первая генерация (таблица 5.1.12, анализы 1-4) характеризуется чуть большим содержанием примесей, а также имеет небольшой дефицит по сумме анализа. Возможно, это связано с чуть большим содержанием бора и воды в минерале [72]. Из уральских аналогов липовский дюмортьерит

является самым железистым. Так, в минерале из пегматитов Мокруши Fe_2O_3 не превышает 0,55 мас.% [177], а в пегматитах озера Увильды – не более 0,4 вес.% [2]. Температура кристаллизации липовского дюмортьерита, вероятно лежит в пределах 500-700°C, так же как и в гранитных телах Мокруши [177; 208].

Андалузит. На Урале впервые был установлен в 1837 году Г. Розе, в пегматитах возле дер. Южакова [114], которые относятся к Мурзинскому гранитному массиву. В пределах Липовского жильного поля, андалузит был упомянут как минерал десилицированных пегматитов А.Е. Ферсманом [208], хотя в этом типе пегматитов объекта установлен нами впервые. В целом, андалузит достаточно часто встречается в гранитных пегматитах. К примеру, он был описан в жильных телах Адуйского и Мурзинского гранитных массивов [17, 177 и др.], а также в гранитных пегматитах Ильменских гор [169]. За рубежом андалузит описывался в гранитных пегматитах Калифорнии [252], Испании [250], в Антарктиде [221] и многих других местах [67].

Андалузит обнаружен нами [67], в калишпатовой крупнозернистой зоне Дюмортьеритовой жилы, где он слагает крупные, розоватые или коричневатые метакристаллы, достигающие в длину 1,5-2 см и в ширину до 5 мм. В минерале наблюдается зональность, так центральные части более темные, чем краевые (рисунок 5.1.15). Сечения индивидов типичные для андалузита – ромбовидные [67].

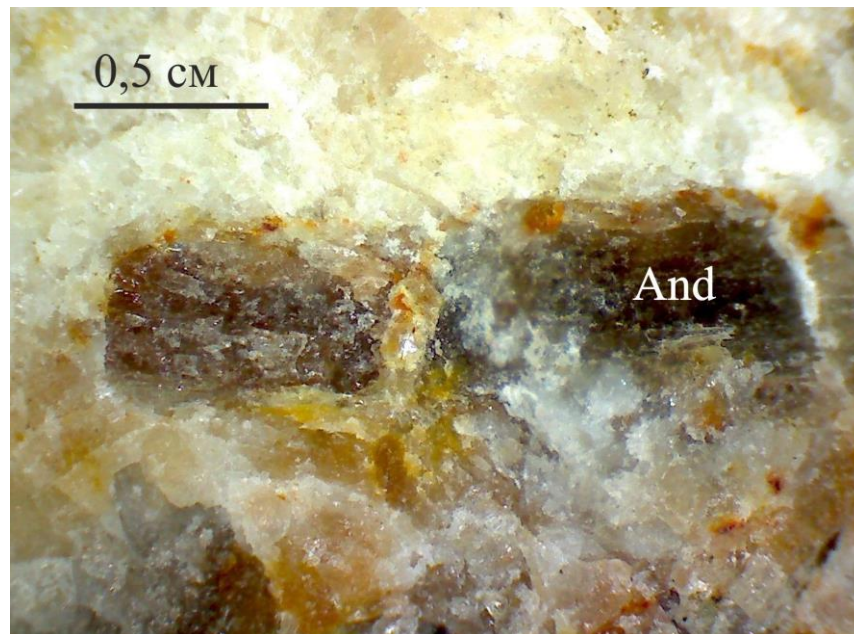


Рисунок 5.1.15 – Андалузит (And) в кварц-калишпатовой матрице [67]

По нашим данным [67], андалузит содержит игольчатые и пластинчатые включения ильменорутила и ферроколумбита, размером до 1-2 мм по удлинению. Химический состав минерала приведен в таблице 5.1.12. Из значимых примесей андалузит содержит только железо

(Fe₂O₃ от 1,5 до 2,8 мас.%), причем более железистые точки анализов характерны для центральных зон индивидов [67].

Таблица 5.1.12 – Состав андалузита (в мас.%) из гранитного пегматита Липовки, по [67]

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Сумма
1	36,24	0,06	59,86	-	2,84	0,05	0,08	0,01	99,15
2	36,50	0,06	60,61	-	2,11	-	0,04	0,02	99,34
3	36,83	0,04	61,26	0,02	2,17	-	0,04	0,01	100,37
4	36,48	-	61,51	0,02	1,62	-	0,02	-	99,66
5	36,62	0,04	61,70	-	1,62	0,11	0,03	-	100,12
6	36,71	0,02	61,78	-	1,51	-	0,02	0,02	100,05
7	36,83	0,02	61,74	0,02	1,62	0,04	0,03	0,01	100,31
8	35,92	0,05	61,84	0,06	1,53	-	0,02	0,01	99,43
Кристаллохимические формулы в расчете на 3 катиона									
1. (Al _{1.94} Fe _{0.06}) _{2.00} [Si _{1.00} O ₄]O; 2. (Al _{1.96} Fe _{0.04}) _{2.00} [Si _{1.00} O ₄]O; 3. (Al _{1.96} Fe _{0.04}) _{2.00} [Si _{1.00} O ₄]O; 4. (Al _{1.97} Fe _{0.03}) _{2.00} [Si _{1.00} O ₄]O; 5. (Al _{1.97} Fe _{0.03}) _{2.00} [Si _{1.00} O ₄]O; 6. (Al _{1.97} Fe _{0.03}) _{2.00} [Si _{1.00} O ₄]O; 7. (Al _{1.97} Fe _{0.03}) _{2.00} [Si _{1.00} O ₄]O; 8. (Al _{1.99} Fe _{0.03}) _{2.02} [Si _{0.98} O ₄]O									

Примечание – микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Берилл. Является распространенным минералом гранитных пегматитов Липовского жильного поля. По В.И. Кайнову и В.И. Жернакову [103], голубовато-серый замутненный берилл приурочен к пегматитам кварц-мусковит-полевошпатового состава с турмалином и спессартином. Призматические кристаллы силиката бериллия величиной 12-30 мм ассоциирует также с хризобериллом. Берилл отмечается в центральных участках жил и локализуется по редким вытянутым зонам с расплывчатыми контурами. Размер контуров составляет до 4-5 см в поперечнике и до нескольких десятков сантиметров в длину. Внутри зон берилл расположен неравномерно, тяготея к обособлениям зернистого полупрозрачного кварца [103].

Зеленоватый, голубовато-серый и зеленовато-голубоватый (аквамариноподобный) низкощелочной «обыкновенный» берилл распространен в краевых зонах редкометально-самоцветных жил в ассоциации с шерлом, сероватым мусковитом и красным гранатом альмандин-спессартинового состава, а также во всех остальных типах пегматитов Липовки. Его вытянутые вдоль оси *c* кристаллы достигают в длину 4-5 см и обычно замутнены [44, 163].

По нашим данным [86], берилл обычно приурочен к центральной (графической) зоне пегматита, к местам скопления кварц-альбитовых образований. Также бледно-зеленоватый берилл, встречается на границе графической (реже блоковой) зоны и кварцевого ядра и ассоциирует с черным турмалином, и полевым шпатом. Самый большой кристалл берилла, найденный нами, имеет размер 40x50x70 мм, сам кристалл короткопризматический, светло-серого цвета с зеленоватым оттенком, совершенно непрозрачен и содержит включения хризоберилла. Методом ICP-MS в берилле из гранитного пегматита установлено высокое

содержание Cs 856 г/т, также в берилле обнаружен целый ряд других элементов (в г/т): Li 287, Ti 136, Zn 105, Mn 65, Ba 55, Ga 40, Rb 35, Sc 31, Sb 18, Zr 10.

Олени́т. Ранее, в этом типе пегматитов объекта, данный минерал не определялся. По нашим данным, оленит встречается только в графической зоне пегматита, в виде обильной вкрапленности (размером до 1 мм), в парагенезисе с дюмортьеритом. Минерал слагает изометричные зерна в ихтиоглиптах кварца, а также скелетные, футляровидные индивиды в матрице калишпата. В тонких сколах просвечивает темно-синим цветом. При исследовании его химического состава оказалось, что он резко отличается (таблица 5.1.14, анализы 1-2) от турмалина из других зон пегматита (таблица 5.1.14, анализы 3-5). По данным кристаллохимического пересчета турмалин является железистым оленитом и по составу очень напоминает аналог из литиеносных пегматитов [133] Михеевской жилы. В целом, находки оленита с дюмортьеритом в гранитных пегматитах не являются редкостью. К примеру, подобная минеральная ассоциация была установлена в кислых жилах из разных месторождений мира [234, 239 и др.], а также в продуктах синтеза глиноземистого турмалина [256].

Шерл. По данным И.В. Пекова и Л.Р. Меметовой [163], шерл является типичным аксессуарным, а иногда и породообразующим минералом простых пегматитов, в том числе топаз-бериллового типа, бесполостных кварц-ортоклаз-олигоклазовых жил. Он образует характерные угольно-черные, грубопризматические кристаллы, длиной до 10-15 см, а чаще неправильные зерна, которые тесно сростаются с кварцем, полевыми шпатами, сероватым мусковитом. Встречается не в миаролах, а в полевошпат-кварцевых гнездах [163].

По нашим данным [72], шерл это обычный минерал гранитных пегматитов Липовки. Так шерл образует обильную вкрапленность (размером до 1 мм) в зоне графического срастания калиевого полевого шпата с кварцем и является сквозным минералом во всех зонах данного типа пегматитов. Судя по составу, минерал является нормальным глиноземисто-магнезиальным шерлом (таблица 5.1.13, анализы 3-5) [72].

Кроме того, методом ICP-MS в турмалине из гранитного пегматита нами [71] установлено значительное содержание Zn 1864, Mn 2181 и Ti 2235 г/т и менее значительные содержания (г/т): Li 194, Ga 179, Ba 38, Sn 22, Ni 10. Для сравнения на график (рисунок 5.1.16) были нанесены турмалины (увит-дравит и шерл) из других гранитных пегматитов Липовского жильного поля. Оказалось, что их тренды распределения лантаноидов имеют такую же конфигурацию, что и цветные эльбаиты из жилы Сибирячка, но при этом общее содержание РЗЭ в них существенно выше и превышает литиевые турмалины на один порядок [71].

Спектры редких земель, обычных для боросиликатов, хорошо соотносятся с турмалином из жилы Южная Адуйского пегматитового поля [60].

Таблица 5.1.13 – Химический состав (в мас.%) турмалина из гранитного пегматита, по [72]

Эл-ты	1	2	3	4	5ц	5кр
	оленин		шерл			
SiO ₂	32,19	31,83	34,02	34,38	34,55	34,37
TiO ₂	-	0,11	0,10	0,14	0,72	0,45
Al ₂ O ₃	41,45	40,26	32,49	32,07	31,68	31,59
Cr ₂ O ₃	-	0,04	0,04	-	0,02	0,30
FeO	9,75	10,27	13,98	14,30	14,50	14,03
MnO	0,49	0,47	0,20	0,37	0,32	0,19
MgO	0,15	0,18	2,07	1,94	1,89	2,34
CaO	0,47	0,68	0,37	0,33	0,34	0,34
Na ₂ O	1,89	1,78	2,04	2,11	2,11	2,01
K ₂ O	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05
F	0,04	0,07	0,33	0,21	0,61	0,51
Сумма	86,46	85,72	85,70	85,91	86,79	86,20
кристаллохимические пересчеты						
1	(Na _{0.62} Ca _{0.09}) _{0.71} (Al _{1.63} Fe _{1.27} Mn _{0.06} Mg _{0.04}) ₃ Al ₆ [(Si _{5.48} Al _{0.52}) ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ OH _{3.98} F _{0.02}					
2	(Na _{0.59} Ca _{0.13} K _{0.01}) _{0.73} (Al _{1.53} Fe _{1.35} Mn _{0.06} Mg _{0.05} Ti _{0.01}) ₃ Al ₆ [(Si _{5.49} Al _{0.51}) ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ OH _{3.86} F _{0.04}					
3	(Na _{0.69} Ca _{0.07} K _{0.01}) _{0.77} (Fe _{1.89} Al _{0.56} Mg _{0.50} Mn _{0.03} Cr _{0.01} Ti _{0.01}) ₃ Al ₆ [(Si _{5.93} Al _{0.07}) ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ OH _{3.82} F _{0.18}					
4	(Na _{0.71} Ca _{0.06} K _{0.01}) _{0.78} (Fe _{1.94} Al _{0.52} Mg _{0.47} Mn _{0.05} Ti _{0.02}) ₃ Al ₆ [(Si _{5.98} Al _{0.02}) ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ OH _{3.89} F _{0.11}					
5ц	(Na _{0.71} Ca _{0.06} K _{0.01}) _{0.78} (Fe _{1.98} Mg _{0.45} Al _{0.44} Ti _{0.08} Mn _{0.05}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ OH _{3.67} F _{0.33}					
5кр	(Na _{0.68} Ca _{0.06} K _{0.01}) _{0.75} (Fe _{1.88} Mg _{0.56} Al _{0.43} Ti _{0.06} Cr _{0.04} Mn _{0.03}) ₃ Al ₆ [(Si _{5.98} Al _{0.02}) ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ OH _{3.72} F _{0.28}					

Примечание - Смеска SX 100, аналитик В.В. Хиллер; ан. 1-2 – в парагенезисе с дюмортьеритом; ан. 3-5 – турмалин из других зон пегматита.

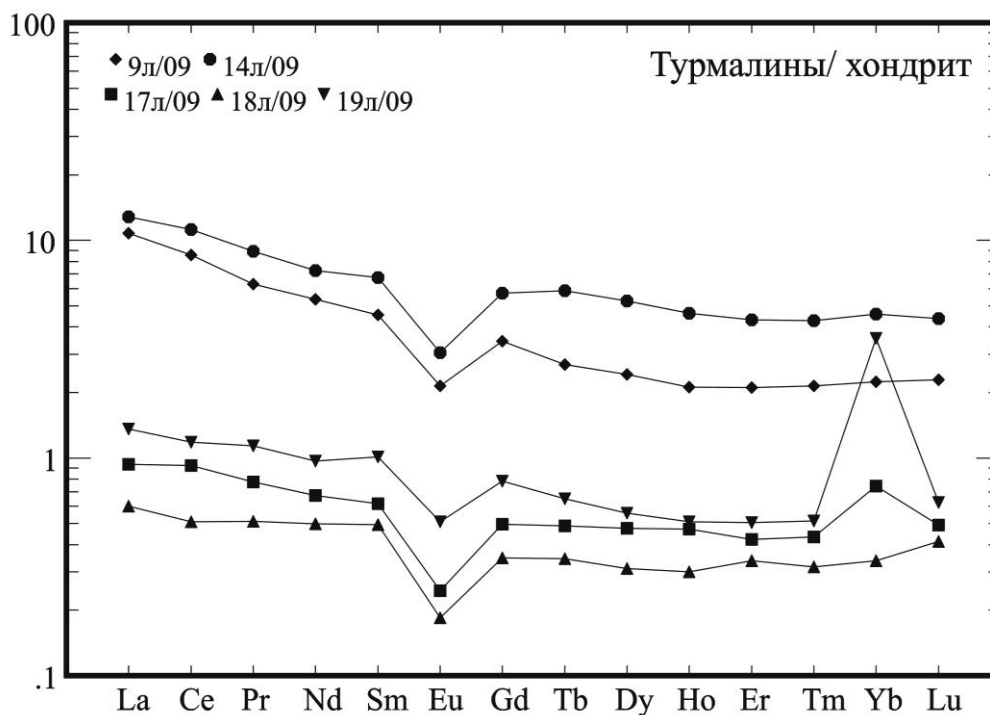


Рисунок 5.1.16 – Распределение РЗЭ в турмалинах; 9л/09 – увит-дравит из плагиоклазитов; 14л/09 – шерл из гранитных топаз-берилловых пегматитов; 17л/09, 18л/09, 19л/09 – зоны кристалла эльбаита из литиеносных жил [71]

Мусковит. По нашим данным [86], мусковит является основным породообразующим минералом гранитных пегматитов. В незначительных количествах присутствует в краевой (аплитовой), двуполевошпатовой и графической зонах, где размер его зерен нередко превышает 1 см. В последних двух зонах пегматита, особенно в графической, нередко встречаются небольшие линзы (рисунок 5.1.4), состоящие из «ельчатых» агрегатов этого минерала [86].

По И.В. Пекову и Л.Р. Меметовой [163], обычно минерал представлен железистым мусковитом, сероватые крупнопластинчатые индивиды которого имеют размер до 10 см. Состав липовского мусковита приведен в таблице 5.1.14 (с учетом наших данных по образцу 2л/09 из пегматита Дюмортьеритовой жилы). При этом, как и у предыдущих исследователей [163], изученный нами мусковит оказался представлен своей железистой разновидностью.

Таблица 5.1.14 – Химический состав мусковита (мас.%) из гранитного пегматита

Эл-ты	1	2	3	4	5
SiO ₂	46,52	46,62	46,22	46,15	43,24
TiO ₂	0,05	0,09	0,03	0,07	0,23
Al ₂ O ₃	33,81	34,07	34,35	34,32	33,59
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01	0,02	0,00	-
FeO	3,49	3,44	3,55	3,72	4,01
MnO	0,05	0,08	0,04	0,04	0,09
MgO	0,12	0,10	0,11	0,11	0,57
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Na ₂ O	0,51	0,54	0,54	0,52	0,60
K ₂ O	10,02	10,02	10,05	10,26	9,99
Rb ₂ O	0,09	0,06	0,00	0,06	-
Cs ₂ O	0,00	0,01	0,02	0,02	-
F	0,48	0,50	0,62	0,50	0,09
-O≡F ₂	-0,20	-0,21	-0,26	-0,21	-0,04
Сумма	94,93	95,34	95,30	95,55	92,37

Примечание - Смеска SX 100, аналитик В.В. Хиллер; анализы 1-4 наши данные; анализ 5 сероватый крупно-пластинчатый мусковит по [163].

Кроме того, методом ICP-MS в мусковите (образец 33л/11) из гранитного пегматита Немецкой жилы нами установлено повышенное содержание Li 1169 г/т и менее значительные содержания (г/т): Nb 357, Sn 334, Ga 235, Zn 176, Ta 81, Sc 58, W 54, Be 39, Ba 17, Ag 8. Также подтвердились, ранее выявленные с помощью микрозондового метода, существенные примеси (г/т): Ti 2606, Rb 2122, Mn 1658 и менее существенные примеси (г/т): Cs 165, Cr 11.

Микроклин. По данным автора диссертации [75, 96], является основным породообразующим минералом гранитных пегматитов данного объекта. Цвет микроклина варьирует от желтовато-белого до розовато-серого. Нередко в микроклиновой матрице встречаются более розовые и красноватые участки, приуроченные к местам развития микротрещин, такая окраска, видимо, обусловлена присутствием окислов железа. Участки

минерала расположенные между пертитовыми вростками, в редких случаях прозрачны. Микроклин развит, как правило, в графической и блоковой зонах пегматитов. Так, например, в гранитном пегматите из Дюмортьеритовой жилы микроклин слагает мелкую кварц-полевошпатовую графику и блоковую зону. Максимальный размер его индивидов в блоковой зоне достигает 10 см. Нередко среди крупнозернистой, неясно-графической минеральной массы пегматита наблюдаются крупные, до 5x10 см кристаллы микроклина, образующие своеобразные порфиоровые вкрапления. В некоторых случаях крупные кристаллы этого минерала расположены одновременно в нескольких зонах пегматита (включая крупнозернистую, блоковую и зону кварцевого ядра). Микроклин определен рентгенографически. На этот анализ было отобрано 3 пробы микроклина из гранитных пегматитов (таблица 5.1.15) [75, 96].

Таблица 5.1.15 – Список изученных проб микроклина из гранитных пегматитов Липовки с указанием мест отбора образцов, наши данные [96]

№ образца	Проба	Привязка образца
18-1л/13	микроклин промежуточн.	Дюмортьеритовая жила, мелкая "графика" карьер №6.
18-2л/13	микроклин промежуточн.	Дюмортьеритовая жила, блоковая зона, карьер №6.
35л/11	микроклин промежуточн.	Безымянная жила, крупная "графика", карьер №6.

Все пробы отбирались автором из крупноразмерных образцов кварц-полевошпатовой графики и блоковой зоны. Во всех трех пробах калишпат оказался промежуточным микроклином (таблица 5.1.16) [75].

Таблица 5.1.16 – Результаты рентгеноструктурного анализа проб микроклина из гранитных пегматитов Липовки, по [75]

№ образца	КПШ	альбит	Степень три- клинности $\Delta\rho$	t_{10}	t_{20}	t_{1m}	t_{2m}
18-1л/13	83%	17%	0,499	-	-	-	-
18-2л/13	48%	52%	-	-	-	-	-
35л/11	81%	19%	-	-	-	-	-

Примечание - Анализы сделаны на дифрактометре XRD-7000, аналитик О.Л. Галахова.

Полученный нами [75], химический состав промежуточного микроклина из Дюмортьеритовой жилы приведен в таблице 5.1.17. В целом наблюдается определенная связь между составом калишпатов и их структурной упорядоченностью. Так видно, что микроклин в отличие от ортоклазов, содержит меньшую примесь натрия и эта тенденция подтверждается рентгеноструктурными исследованиями [75].

Таблица 5.1.17 – Химический состав (в мас.%) микроклина Липовки [75]

SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Rb ₂ O	F	Сумма	Alb
64,47	0,05	17,88	0,01	0,01	0,01	0,01	0,58	15,46	0,09	0,15	98,73	5

Примечание - Анализы выполнены на микроанализаторе CAMECA SX 100, аналитик В.В. Хиллер); Alb – минал альбита.

Ортоклаз. Основной породообразующий минерал гранитных пегматитов. Ранее упомянут Э.Ф. Емлиным с соавторами [44], как минерал найденный в сложном пегматитовом штокверке, в виде преимущественно двойников по карлсбадскому закону, в ассоциации с дымчатым кварцем, мусковитом, зеленоватым бериллом, шерлом и топазом. Этими же авторами ортоклаз найден в бесполостных пегматитах с хризобериллом, в ассоциации с олигоклазом, дымчатым кварцем, турмалином и бериллом.

По нашим данным [75], ортоклаз обычно имеет светло-серый и бежевый цвет. Размер его индивидов варьирует от 2 мм в мелко-среднезернистых зонах до 20 мм в графической (крупнозернистой) зоне пегматита. Минерал содержит пертитовые вросстки альбита с пилообразными очертаниями, при этом участки минерала расположенные между пертитовыми вростками нередко прозрачные и бесцветные. Ортоклаз обычно ассоциирует с дымчатым кварцем, мусковитом, микроклином, плагиоклазом, черным турмалином и гранатом. По нему нередко развиваются плагиоклаз и мусковит. На рентгеноструктурный анализ было отобрано 5 проб ортоклаза из гранитных пегматитов (таблицы 5.1.18 и 5.1.19). Все пробы отбирались из крупноразмерных образцов кварц-полевошпатовой графики и блоковой зоны [75, 96].

Анализируя полученные данные можно уверенно говорить, что ортоклаз встречается исключительно в топаз-берилловых гранитных пегматитах, при этом минерал, как правило, слагает крупную кварц-полевошпатовую графику. Полученный нами [75], химический состав ортоклаза из Дюмортьеритовой жилы приведен в таблице 5.1.20. Наблюдается определенная связь между составом калишпатов и их структурной упорядоченностью. Видно, что ортоклазы содержат большую примесь натрия, чем микроклины и эта тенденция подтверждается рентгенометрическими исследованиями. При этом количество минала альбита в ортоклазе варьирует в пределах 10-11%. Кроме того, в ортоклазах из гранитных пегматитов практически полностью отсутствуют примеси рубидия и цезия [75]. Судя по геохимическим анализам ортоклаза из основных примесей кроме кальция, титана и магния наблюдаются заметные примеси (г/т): Rb 670 и Ta 780.

Таблица 5.1.18 – Список изученных проб ортоклаза из гранитных пегматитов Липовки, с указанием мест отбора образцов [96]

№ образца	Привязка образца
2л/09	Дюмортьеритовая жила, крупная "графика", (карьер № 6)
34-4ла/11	Хризоберилловая жила, крупная "графика", (карьер № 6)
61л/11	Безымянная жила, мелкая "графика", (карьер № 7)
95л/11	Безымянная жила, крупная "графика", (карьер № 4-5)
23-5л/11	Немецкая жила, крупная "графика", (карьер № 6)

Таблица 5.1.19 - Результаты рентгеноструктурного анализа проб ортоклаза из гранитных пегматитов Липовки, по [75]

№ образца	КПШ	Альбит	Степень триклинности $\Delta\rho$	t_{10}	t_{20}	t_{1m}	t_{2m}
2л/09	69%	31%	0,293	0,599	0,053	0,295	0,053
34-4ла/11	64%	36%	0,269	0,579	0,060	0,302	0,060
61л/11	59%	41%	0,229	0,541	0,079	0,301	0,079
95л/11	82%	18%	0,328	0,584	0,087	0,242	0,087
23-5л/11	67%	33%	0,269	0,569	0,070	0,291	0,070

Примечание - Анализы сделаны на дифрактометре XRD-7000, аналитик О.Л. Галахова.

Таблица 5.1.20 – Химический состав (в мас.%) ортоклаза из гранитных пегматитов Липовки, наши данные [75]

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Cs ₂ O	Rb ₂ O	F	Сумма	Alb
1	65,21	0,02	18,11	0,06	0,02	0,01	1,21	14,59	0,04	0,04	0,15	99,46	11
2	64,76	0,00	17,94	0,14	0,03	0,00	1,05	14,88	0,00	0,02	0,00	98,82	10

Примечание - Анализы выполнены на микроанализаторе CAMECA SX 100, аналитик В.В. Хиллер. Alb – минал альбита.

Олигоклаз. По данным Э.Ф. Емлина с соавторами [44], олигоклаз в качестве породообразующего минерала встречается в бесполостных микроклин-олигоклаз-кварцевых пегматитах с хризобериллом, а также в неравномерно-зернистых кварц-полевошпатовых агрегатах, в ассоциации с ортоклазом, мусковитом, дымчатым кварцем, турмалином, реже бериллом, топазом, апатитом и гранатом.

По нашим данным, олигоклаз обычно имеет светло-серый или белый цвет, в тонких сколах обычно бесцветен и нередко прозрачен. Встречается в основном в мелко-, средне- и крупнозернистых неясно графических зонах гранитных пегматитов. В графической и блоковой зоне минерал не найден. Размер его зерен варьирует в интервале от 1 до 20 мм. Кроме выше перечисленных минералов, с которыми ассоциирует олигоклаз, можно добавить дюмортьерит, андалузит и ряд других акцессорных и рудных минералов.

Альбит. По нашим данным [86], альбит слагает пертитовые вроски в индивидах калиевых полевых шпатов, а в некоторых случаях минерал совместно с мусковитом развивается по ортоклазу. Также альбит белого цвета образует призматические кристаллы, размером до 1 см, приуроченные к кварцевым ядрам, расположенным в центральной зоне пегматита (Хризоберилловая жила). Минерал нередко образует мелкозернистые линзовидные скопления, приуроченные к слюдяным гнездам, расположенным в графической зоне пегматита [86].

Состав альбита из гранитного пегматита приведен в таблице 5.1.21.

Таблица 5.1.21 – Химический состав (в мас.%) альбита из гранитного пегматита Липовки

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	Сумма
1	68,91	0,00	19,33	0,00	0,04	0,01	0,02	0,24	11,56	0,18	0,00	100,28
2	68,67	0,02	19,05	0,00	0,04	0,01	0,02	0,19	11,65	0,18	0,00	99,83
3	68,10	0,05	19,54	0,02	0,01	0,00	0,00	0,49	11,38	0,15	0,08	99,83

Примечание - Смеска SX 100, аналитик В.В. Хиллер. Образец 2л/09 Дюмортьеритовая жила.

Ксенотим-(Y). Хотя по данным [142], в протолочках одной из проб гранитного пегматита содержание ксенотима и составило 10,3 г/т, но тем не менее никаких описаний минерала и определение его до минерального вида в то время сделано не было. До вида он был определен нами [78]. Минерал был встречен в сростании с цирконом и в виде включений в этом же силикате (рисунок 5.1.17). Средний размер индивидов ксенотима составляет около 50 мкм.

По нашим данным [61], ксенотим относится к иттриевой разновидности и отличается сложным составом (таблица 5.1.22). Количество Y₂O₃ в минерале варьирует в пределах 41-43 мас.%, хотя теоретическое содержание в формуле YPO₄ должно достигать 63,1%. Это обусловлено тем, что в ксенотиме присутствует значительное количество редких земель (до 20 мас.%), при этом основная их часть приходится на долю тяжелых лантаноидов. Так, например, отмечаются значительные примеси диспрозия (Dy₂O₃ до 6,04 мас.%), гадолия (Gd₂O₃ до 4,75 мас.%), иттербия (Yb₂O₃ до 4,1 мас.%) и эрбия (Er₂O₃ до 3,8 мас.%). Из других примесей в минерале можно отметить высокие содержания урана (UO₂ до 2,5 мас.%), тория (ThO₂ до 0,9 мас.%) и кремнезема (SiO₂ до 0,73 мас.%). В ксенотиме часто отмечаются мелкие включения высоко ториевых фосфатов, по составу соответствующих чералиту, а также обрастания небольших индивидов монацита [61].

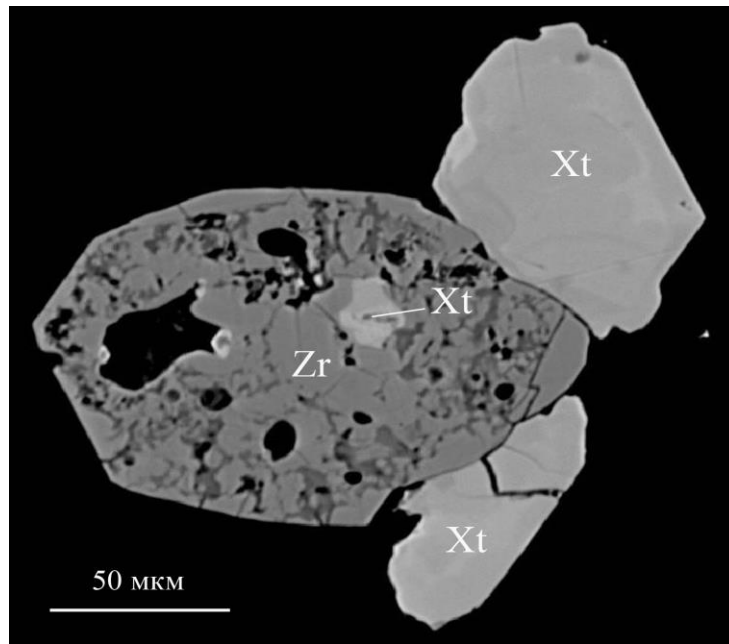


Рисунок 5.1.17 – Срастание циркона (Zr) с ксенотимом (Xt), в матрице гранитного пегматита; фото в отраженных электронах, Cameca SX 100, наши данные [78]

Таблица 5.1.22 – Химический состав (в мас.%) ксенотима Липовки, наши данные [61]

Эл-ты	1	2	3	4	5	6	7	8
ThO ₂	0,88	0,73	0,42	0,37	0,78	0,60	0,50	0,37
UO ₂	1,39	2,55	0,95	1,06	2,51	1,08	2,18	1,94
SiO ₂	0,73	0,66	0,29	0,29	0,69	0,33	0,52	0,42
Nd ₂ O ₃	0,49	0,47	0,27	0,27	0,39	0,40	0,30	0,28
Sm ₂ O ₃	0,84	0,70	0,74	0,56	0,80	0,66	0,71	0,85
Eu ₂ O ₃	-	0,03	0,01	-	0,02	0,10	-	0,06
Gd ₂ O ₃	4,75	4,59	4,52	4,23	4,63	4,59	4,42	4,51
Dy ₂ O ₃	6,00	5,81	6,02	5,73	5,93	6,04	5,92	6,04
Yb ₂ O ₃	3,89	3,70	4,05	4,05	3,81	4,10	4,05	4,01
Er ₂ O ₃	3,64	3,67	3,77	3,71	3,55	3,67	3,58	3,65
Ho ₂ O ₃	1,13	1,04	1,05	1,11	1,03	0,99	1,08	1,12
Y ₂ O ₃	41,17	40,81	42,51	43,23	41,74	42,26	41,94	41,85
PbO	0,11	0,15	0,09	0,08	0,13	0,08	0,13	0,12
CaO	0,15	0,16	0,16	0,06	0,09	0,06	0,09	0,11
P ₂ O ₅	34,86	34,29	34,31	34,53	34,18	34,78	34,24	34,65
Сумма	100,04	99,36	99,16	99,27	100,28	99,73	99,65	99,97

Примечание - Выборка из 44 точек анализов ксенотима. Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

По нашим данным [78], в ассоциации с ксенотимом постоянно встречается уранинит, который слагает включения в матрице циркона. В целом, ксенотим-(Y) является редким фосфатом, но достаточно часто встречается как акцессорный минерал гранитоидов и щелочных пород. На Урале ксенотим впервые был установлен в Ильменских горах, в жиле гранитного пегматита вскрытого копьё № 277 [165]. Позднее, данный минерал достаточно часто упоминался в гранитных пегматитах Миассово-Таткульского и Савелькульского жильных

полей [169]. Кроме того, ксенотим описывался и в пределах Уральской самоцветной полосы [177 и др.]. Изученный фосфат иттрия достаточно сильно напоминает ксенотимы из гранитных пегматитов Норвегии и других регионов мира [222]. При этом минерал резко отличается от своих аналогов из интрузивных пород и гидротермальных прожилков Витватерсранда, ЮАР [241] или россыпей Португалии [251], причем последние резко обогащены UO_2 до 6,5 мас. %.

Монацит-(Ce). По данным [142], в протолочках одной из проб гранитного пегматита содержание монацита составило - 81,63 г/т, но никаких описаний минерала и определение его до вида в то время сделано не было. До вида он был определен нами [56]. Монацит-(Ce) обнаружен в графическом пегматите, в виде рассеянной вкрапленности. В первом случае (таблица 5.1.24, анализы 1-4) монацит образует в матрице породы достаточно крупные до 100-200 мкм округлые и овальные зерна. С другими рудными минералами сростаний не образует [240]. Во втором случае (таблица 5.1.23, анализы 5-7) монацит образует в матрице породы округлые, хорошо образованные метакристаллы, размером до 500 мкм. Окраска зерен зеленовато-желтая. Минерал не редко сростается с кристаллами ксенотима и ассоциирует с уранинитом, коффинитом и цирконом (рисунок 5.1.3) [56].

Таблица 5.1.23 – Химический состав (мас. %) монацита из гранитных пегматитов Липовки [240]

№	1	2	3	4	5	6	7
ThO ₂	6,87	6,55	12,66	11,84	10,99	10,78	7,77
UO ₂	0,75	0,77	0,90	0,64	0,60	0,59	0,76
PbO	0,10	0,11	0,17	0,15	0,15	0,15	0,12
SiO ₂	0,34	0,33	0,46	0,80	0,74	0,71	0,46
P ₂ O ₅	28,82	29,13	28,77	28,29	28,37	28,36	28,67
CaO	1,41	1,35	2,43	2,07	1,96	1,94	1,57
Y ₂ O ₃	2,18	2,20	2,19	2,21	2,15	2,20	2,22
Ce ₂ O ₃	27,06	27,34	23,07	24,65	25,02	24,93	26,42
La ₂ O ₃	12,10	11,95	10,57	11,19	11,17	11,42	11,38
Nd ₂ O ₃	10,88	10,77	9,56	10,01	10,44	10,37	11,03
Pr ₂ O ₃	3,09	3,13	2,67	3,01	2,92	3,02	3,11
Sm ₂ O ₃	3,17	3,39	3,38	3,01	3,30	3,16	3,25
Gd ₂ O ₃	2,28	2,27	2,42	1,81	2,06	1,96	2,25
Dy ₂ O ₃	0,69	0,77	0,77	0,45	0,60	0,61	0,78
Eu ₂ O ₃	0,03	0,04	0,16	0,05	0,13	0,02	0,09
Сумма	99,80	100,09	100,16	100,19	100,59	100,22	99,88

Примечание - Анализы (выборка из 15 точек) выполнены на микрозонде Cameca SX 100.

По установленному нами [56], химическому составу фосфата, можно сделать вывод, что оба монацита относятся к цериевой разновидности и характеризуются высокими содержаниями тория (ThO₂ до 13,0 мас. %), урана (UO₂ до 0,9 мас. %) и свинца (PbO до 0,17 мас. %). Монацит не является редким минералом, так по данным Ю.Л. Гульбина [40] Се-монациты (с содержаниями Ce₂O₃ до 44 мас. %) были найдены в ставролитсодержащих сланцах Северного Приладожья, а по

С.Г. Скублову с соавторами [188] "La-Ce монациты гидротермального происхождения известны среди алмазоносных конгломератов рудопроявления Ичетью".

Фторапатит. Встречен в виде мелкого (250x400 мкм) кристалла короткопризматического облика в полевом шпате сильно измененного пегматита (рисунок 5.1.18). Цвет минерала зеленовато-желтый. Основными формами минерала являются три гексагональных призмы. Это первая находка апатита в пегматитах данного типа.

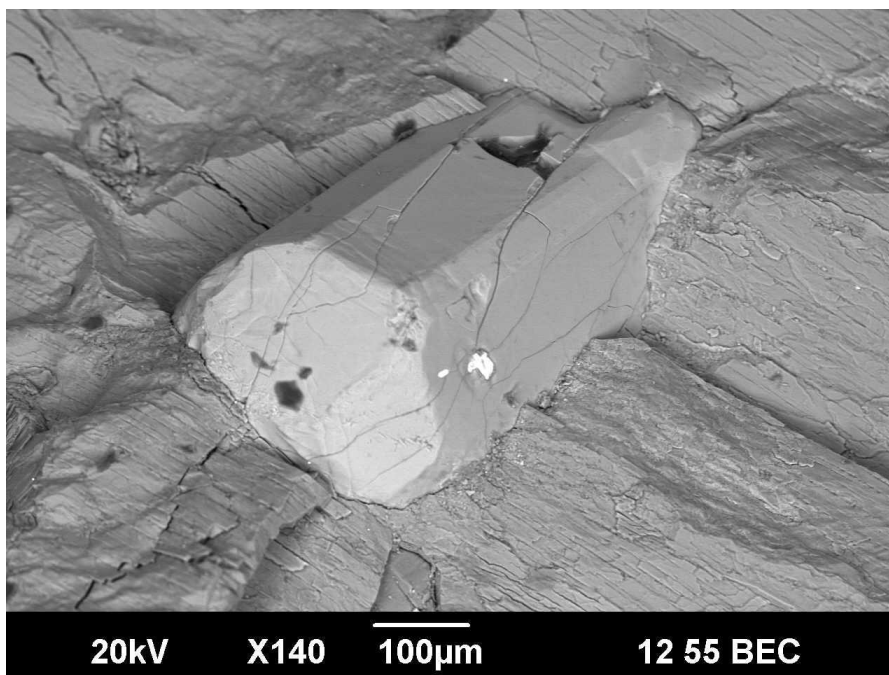


Рисунок 5.1.18 – Кристалл апатита в полевом шпате; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

По полученным нами данным микрозондового анализа минерал обогащен фтором до 3,3 мас.%, что позволяет отнести его к фторапатиту. В целом, фторапатит достаточно распространенный минерал, так фторсодержащий апатит встречается в меланофелинитах и бергалитах района Кайзершуль в Германии [7].

Чералит. Обнаружен и описан И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] в литиеносных пегматитах Липовки, позже фосфат кальция и тория был найден нами [52] в гранитных пегматитах исследуемого объекта. Здесь минерал претерпел сильные изменения и обычно встречается в сростании с плюмбопирохлором. По данным микрозондового анализа (таблица 5.1.24) чералит содержит значительное количество редких элементов [52].

Барит. Найден автором, совместно с Ю.В. Ерохиным, в 2019 году в образце из Хризоберилловой жилы. Минерал встречен в виде единичного, почти изометричного индивида, с неясными формами, в ассоциации с мусковитом и магнетитом (рисунок 5.1.19). Барит изучен на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы Jeol. Его размер не превышает 10мкм. По данным ЭДС-приставки в сульфате обнаружена примесь СаО 0,32 мас.%. Это первая находка данного минерала в гранитных пегматитах Липовского жильного поля.

Таблица 5.1.24 – Химический состав (мас. %) чералита из гранитного пегматита Липовки

№	1	2	№	1	2	№	1	2
ThO ₂	33,82	30,84	Nd ₂ O ₃	9,44	5,27	CaO	7,01	7,34
UO ₂	0,30	0,26	Sm ₂ O ₃	2,95	2,77	SO ₃	0,09	0,06
PbO	0,85	0,66	Eu ₂ O ₃	0,71	0,42	Yb ₂ O ₃	0,13	-
P ₂ O ₅	27,73	22,81	Gd ₂ O ₃	3,29	2,48	Er ₂ O ₃	0,42	0,46
La ₂ O ₃	-	7,06	Dy ₂ O ₃	1,69	1,57	Ho ₂ O ₃	0,00	-
Ce ₂ O ₃	-	2,00	Y ₂ O ₃	5,26	4,31	Сумма	97,51	97,66
Pr ₂ O ₃	-	1,94	SiO ₂	3,81	7,41			

Примечание - Анализы выполнены на микрозонде Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Барит. Найден автором, совместно с Ю.В. Ерохиным, в 2019 году в образце из Хризоберилловой жилы. Минерал встречен в виде единичного, почти изометричного индивида, с неясными формами, в ассоциации с мусковитом и магнетитом (рисунок 5.1.19). Барит изучен на сканирующем электронном микроскопе JSM-6390LV фирмы Jeol. Его размер не превышает 10мкм. По данным ЭДС-приставки в сульфате обнаружена примесь CaO 0,32мас.%. Это первая находка данного минерала в гранитных пегматитах Липовского жильного поля.

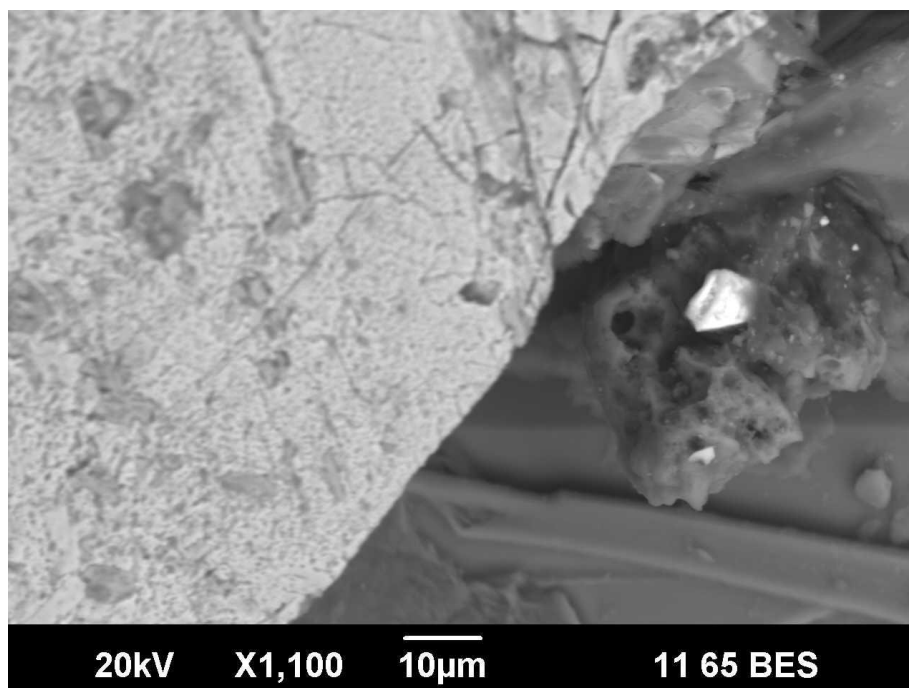


Рисунок 5.1.19 – Зерно барита (белый) в ассоциации с магнетитом (светло-серый слева) и мусковитом (темно-серый справа); фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

5.2 Минералогия плагиоклазитовых (десилицированных) тел

В плагиоклазитовых телах данного объекта разными исследователями, в том числе и автором диссертации, обнаружено 36 минеральных видов. Эти породы в основном сложены плагиоклазом (анортитом). Из второстепенных минералов присутствуют: дравит, клинохлор,

мусковит, кальцит, флогопит, барит, сепиолит, Ве-кордиерит, брусит, тальк, магнезиогорнблендит, альбит. Из аксессуарных минералов встречаются: рутил, торианит, корунд, уранинит, касситерит, хризоберилл, шпинель, ферроколумбит, магнезиоколумбит, манганотанталит, ферротанталит, магнезиотанталит, уранмикролит микролит, пирохлор, уранпирохлор, ишикаваит, ферсмит, фенакит, циркон, фторапатит и пирит.

В этих жилах упоминаются также андалузит [208] и увит [171] которые последующими исследователями, в том числе и автором, встречены не были. К тому же в этих породах присутствуют ряд гипергенных, по И.В. Пекову и Л.Р. Меметовой [163], минералов (развитых по гранитным пегматитам) таких как: нонтронит, вермикулит и упомянутый выше клинохлор. Необходимо также перечислить минералы, развитые в реакционных зонах, на контакте плагиоклазитов и серпентинитов. К ним относятся: графит, магнетит, тальк, антофиллит и антигорит.

В плагиоклазитах Липовского жильного поля автором с коллегами было дополнительно установлено 14 минеральных видов, а именно: пирит, торианит, шпинель, пирохлор, уранпирохлор, ишикаваит, анортит, уранинит, сепиолит, барит, касситерит, мусковит, альбит. При этом восемь из них (пирит, торианит, шпинель, пирохлор, уранпирохлор, ишикаваит, анортит, сепиолит и барит) являются новыми для этого объекта минералами.

Ранее [163] отмечалось, что группа пирохлора во всех пегматитах Липовки представлена только танталовыми разностями, а именно подгруппой микролита. Наши исследования [49] наоборот, не только обнаружили собственно ниобиевые разности группы пирохлора, но и показали, что ниобиевая аксессуарная минерализация (ферроколумбит, ферсмит, ишикаваит и собственно пирохлоры), как раз является типоморфной для данных десилицированных жил или, по крайней мере, для их плагиоклазитовой зоны. Далее приводится детальное описание перечисленных выше минеральных видов (кроме некоторых гипергенных минералов и минералов, встреченных в реакционных каймах).

Графит. Впервые упомянут В.А. Поповым и А.А. Канонеровым [171] в антигоритовой зоне десилицированной жилы расположенной в нижнем борту карьера № 4-5. Находка минерала требует подтверждения.

Пирит. Найден автором, в виде редкой (до 100 мкм) вкрапленности, в плагиоклазитовой матрице одной из жил (образец 14л/10). Минерал содержит примесь кобальта, до 2 мас.%. Пирит довольно распространенный минерал встречающийся даже в пластах угля [196].

Рутил. Найден в протолочках проб отобранных из десилицированных жил Липовского пегматитового поля [142], но данная находка требует подтверждения.

Торианит. Ранее в пределах Липовского жильного поля не был описан. С помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6390LV фирмы Jeol нами [98] изучено зерно

танталониобата с каймой ишикаваита, расположенное в мелкозернистом агрегате анортита. В кайме ишикаваита наблюдается обильная вкрапленность ксеноморфных зерен уранинита, размером до 20-25 мкм в диаметре. По данным ЭДС-приставки зерна характеризуются зональным и высоким содержанием тория (ThO_2 до 27 мас. %) и даже были установлены более ториевые разности с содержанием ThO_2 (или минала ториянита) в пределах 26-45 мас. %. При большом увеличении, в некоторых зернах уранинита (рисунок 5.2.1), отмечаются участки более яркого (в BSE-режиме) минерала (рисунок 5.2.2), который по данным ЭДС-приставки уверенно относится к торияниту. Химический состав ториянита (в мас. %): ThO_2 83,95; UO_2 11,83; PbO 0,78; SiO_2 1,85; Al_2O_3 1,59; Сумма 100. Минерал слагает ксеноморфные выделения, размером до 5 мкм и образовался, по всей видимости, за счет сброса излишков тория из матрицы вмещающего уранинита [98].

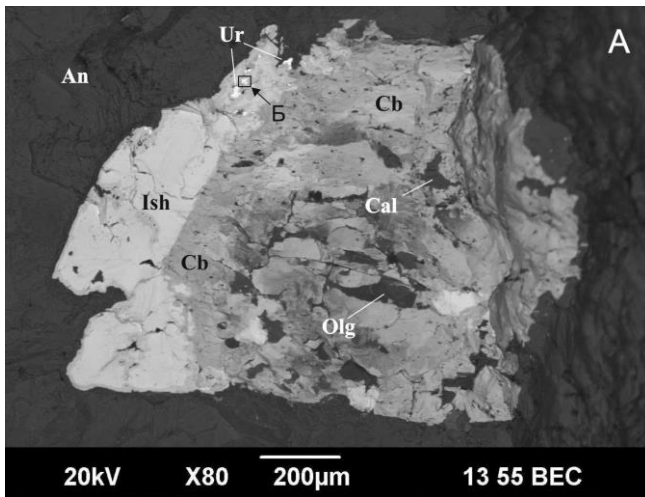


Рисунок 5.2.1 – ферроколумбит (Cb) с включениями кальцита (Cal) и олигоклаза (Olg), замещается каймой ишикаваита (Ish) с уранинитом (Ur), в матрице анортита (An); фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

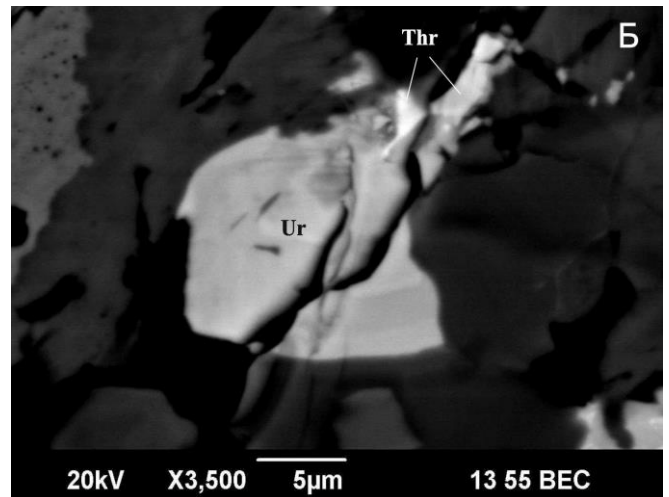


Рисунок 5.2.2 – зерно уранинита (Ur) с включением ториянита (Thr); фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

На Урале ториянит описывался в гранитных пегматитах Адуйского массива (ст. Костоусово), а также в щелочном комплексе Ильменских и Вишневых гор [134]. Кроме того, минерал установлен в золотоносных родингитах и карбонатитоподобных породах Карабашского гипербазитового массива [138, 217]. В России часто наблюдался в щелочных породах и карбонатитах Кольского полуострова [226 и др.]. За рубежом ториянит, наряду с щелочными породами, карбонатитами и гранитными пегматитами, описывался в магнезиальных скарнах [243] и шпинель-гранатовых перидотитах [244].

Корунд. Довольно редко встречается в плагиоклазитах Липовского жильного поля. Впервые упомянут В.А. Поповым и А.А. Канонервым [171], ими встречен синий корунд в

агрегате турмалина, амфибола и флогопита с хризобериллом. Нами [8] была подтверждена находка этого минерала в образце, отобранном из этой же жилы. Корунд встречен в сростании с хризобериллом, в последнем минерале наблюдаются включения флогопита и черного (в тонких сколах синего) турмалина дравит-увитового ряда. Корунд представляет собой сросток бесцветного (прозрачного) бесформенного выделения размером 1x2.5x3 мм и обломка кристалла размером 1x1x1.5 мм (рисунок 5.2.3). Прозрачный кристалл имеет только две грани (остальные сколоты), в нем также наблюдается отчетливая зональность. Так его центральная часть имеет васильково-синий цвет, а края бесцветные. Относительная твердость минерала соответствует 9 (по шкале Мооса). По данным микрозондового анализа в корунде содержатся небольшие примеси SiO_2 , MgO и FeO [8].

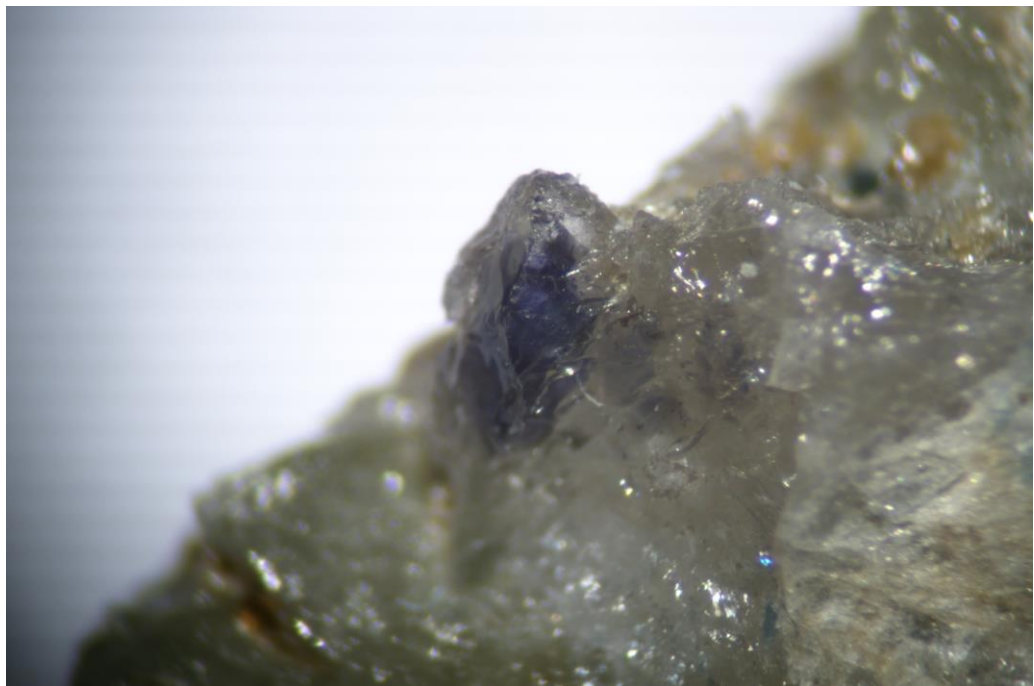


Рисунок 5.2.3 – сросток обломка кристалла сапфировидного корунда и бесцветного (бесформенного), корундового выделения; фото под бинокулой, размер поля 1 см

Уранинит. Обнаружен нами [97], в плагиоклазитовых фрагментах (центральной зоны) плагиоклазитовой жилы. Это первая находка уранинита, в данном типе жил Липовского пегматитового поля, до этого минерал был установлен нами в гранитных (топаз-берилловых) и лепидолит-альбитовых пегматитах. По нашим данным [49, 97, 216], уранинит отличается переменчивым составом, при этом в разных зернах (таблица 5.2.1) количество ThO_2 (или минала торанита) сильно варьирует и соответственно уменьшается или увеличивается содержание урана. Сумма анализов также сильно варьирует от 91 до 97,65%, в зависимости от зерен, возможно это связано с присутствием в минерале шестивалентного урана и воды. В нормальных плагиоклазитовых жилах (рисунок 5.2.4) уранинит образует рассеянную вкрапленность в анортите и слагает округлые включения, размером до 0,5 мм. Минерал

характеризуется красно-коричневыми плеохроичными двориками и иногда содержит вторичную кайму более водного уранинита. Уранинит содержит примеси ThO_2 (до 11,6 мас.%) и PbO (до 3,0 мас.%), его состав приведен в таблице 5.2.1, анализы 1-5 [216].

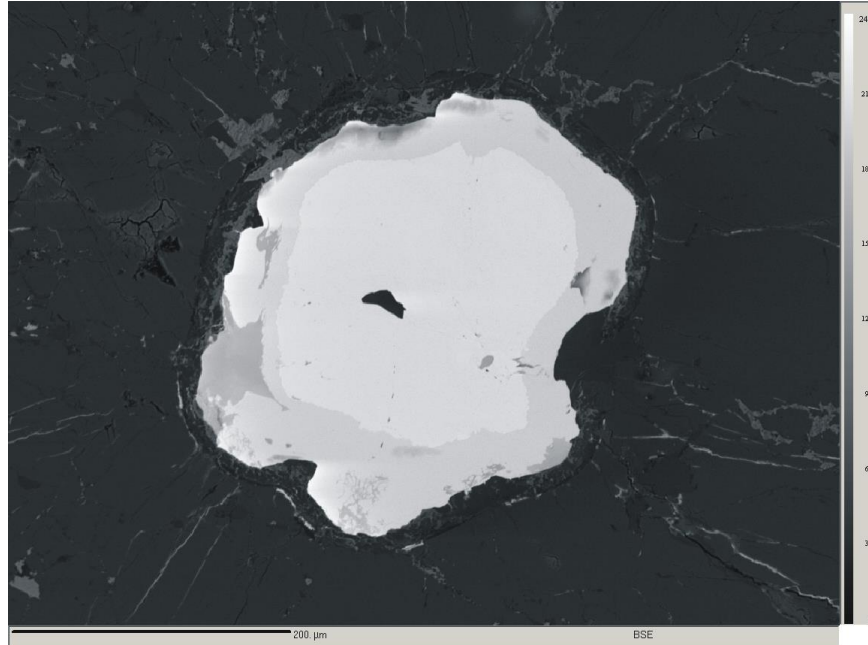


Рисунок 5.2.4 – Зерно уранинита в матрице плагиоклазита; фото в отраженных электронах, Cameca SX 100

Таблица 5.2.1 – Химический состав (в мас.%) уранинита в плагиоклазитах, по [216]

Порода №	Нормальная					Тектонизированная				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nb_2O_5	-	-	-	-	-	0,39	0,35	0,32	0,81	0,91
Ta_2O_5	-	-	-	-	-	0,31	0,05	0,13	0,00	0,00
ThO_2	11,65	11,22	11,35	11,13	11,07	26,34	25,86	26,74	44,75	43,15
UO_2	81,48	82,02	81,75	81,84	81,61	60,89	61,27	61,75	47,71	48,79
TiO_2	-	-	-	-	-	0,01	0,05	0,05	0,07	0,06
Ce_2O_3	0,21	0,17	0,25	0,19	0,22	0,05	0,00	0,37	0,10	0,41
La_2O_3	0,00	0,04	0,05	0,03	0,00	-	-	-	-	-
Nd_2O_3	0,13	0,24	0,14	0,09	0,23	-	-	-	-	-
Y_2O_3	0,15	0,18	0,21	0,20	0,17	0,54	0,65	0,58	0,40	0,38
PbO	2,96	2,97	2,99	2,99	2,94	2,27	2,33	2,35	2,04	2,03
FeO	-	-	-	-	-	0,08	0,15	0,05	0,28	0,24
CaO	0,89	0,81	0,91	0,91	0,83	0,36	0,32	0,41	0,39	0,36
Сумма	97,47	97,65	97,64	97,38	97,08	91,24	91,02	92,75	96,56	96,34

Примечание - Выборка из 30 анализов уранинита, ИГГ УрО РАН, микроанализатор САМЕСА SX 100, прочерк – элемент не определялся.

Нами установлено [49, 97, 216], что в тектонизированных плагиоклазитовых жилах уранинит образует рассеянную вкрапленность в анортите, а также срастания с минералами группы пироклора, слагает изометричные включения, размером до 10-15 мкм (рисунки 5.2.2 и 5.2.5). Данные микрозондового анализа представлены в таблице 5.2.1 (анализы 6-10). Минерал приурочен к местам вторичного изменения ниоботанталатов и, по-видимому, является

продуктом разрушения первичной матрицы пирохлоров, которая отличается повышенными содержаниями UO_2 (до 22 мас.%) и ThO_2 (до 8 мас.%). Состав уранинита (таблица 5.2.1, анализы 6-10) характеризуется примесями ThO_2 (от 26 до 45 мас.%), PbO (до 2,4 мас.%), Nb_2O_5 (до 0,9 мас.%) и Y_2O_3 (до 0,65 мас.%) [49, 97, 216].

Также, по нашим данным [49], обильная вкрапленность ксеноморфных зерен уранинита (размером до 20-25 мкм в диаметре) наблюдается в кайме ишикаваита (рисунок 5.2.5). По данным ЭДС-приставки, зерна уранинита характеризуются зональным и высоким содержанием тория (ThO_2 до 27 мас. %), что уже отмечалось нами ранее [49].

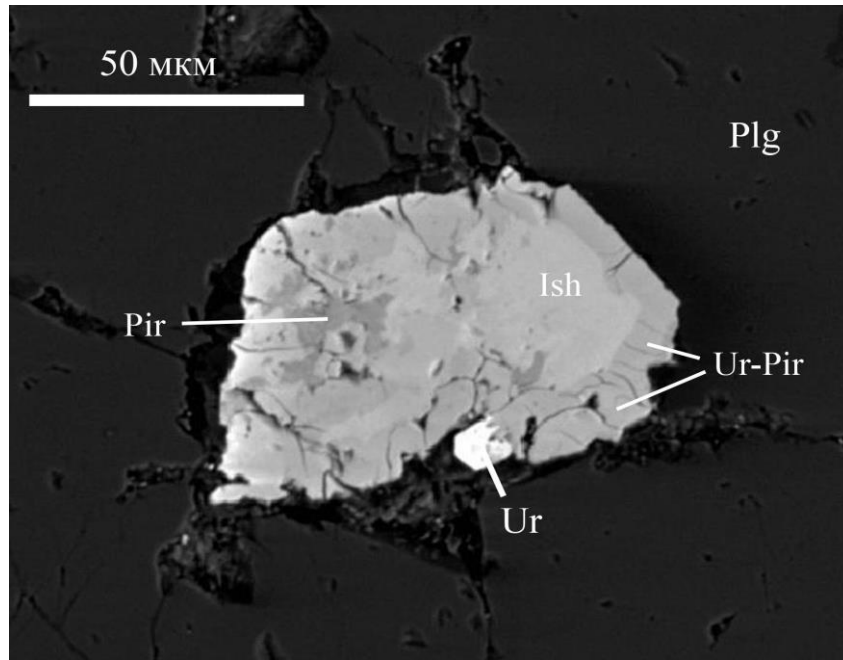


Рисунок 5.2.5 – Зерно ишикаваита (Ish) с включением уранинита (Ur), пятнами пирохлора (Pir) и каймой уранпирохлора (Ur-Pir) среди матрицы анортита (Plg); фото в отраженных электронах, Cameca SX 100

Касситерит. Ранее был упомянут в отчете [142], как минерал пегматитов с литиеносной минерализацией, но в плагиоклазитах Липовки не отмечался.

Касситерит обнаружен нами [49], в виде редких, мелких зерен (размером до 5-10 мкм), в индивидах хризоберилла. Минерал образует ярко-белые (в BSE-изображении) округлые зерна, приуроченные к краевым зонам хризоберилла. Химический состав касситерита (в мас.%): SnO_2 93,60; Nb_2O_5 4,27; Ta_2O_5 0,01; Fe_2O_3 1,82; сумма 99,70. Повышенная примесь ниобия в минерале хорошо согласуется с рудной минерализацией жилы, где преобладают ниоботанталаты. В целом, касситерит является обычным минералом гранитных пегматитов Алабашского жильного поля (Мурзинский массив), пегматитов копей Мокруши, Голодной и Старой Мыльницы [177] и также отличается присутствием примесей ниобия, тантала и железа [49].

Хризоберилл. Достаточно хорошо описан в работе В.А. Попова и А.А. Канонерова [171], с приведением морфологии кристаллов (рисунок 5.1.5-г), но без проведения каких-либо

аналитических работ. Позже состав липовского хризоберилла был изучен О.С. Долговой с соавторами [41], по их данным минерал образует двойники, тройники, реже монокристаллы желтовато-зеленоватого цвета, размером до 2 см в длину.

По нашим данным [86] хризоберилл, как сквозной, минерал встречается во всех основных зонах этого тела, но при этом значительно преобладает на периферии плагиоклазитовых блоков, где достаточно часто ассоциирует с Ве-кордиеритом и турмалином.

Также нами [213], хризоберилл встречен в осевой зоне жилы, совместно с тальком, клинохлором и корундом. Рентгенометрическое исследование его кристаллов показало хорошее сходство межплоскостных отражений и параметров элементарной ячейки с эталоном хризоберилла. Межплоскостные расстояния следующие: (d, Å): 3,23585; 2,56137; 2,26266; 2,08903; 2,07928; 1,61794; 1,61323. параметры и объем элементарной ячейки получились следующими: $a_0 = 9,416 \pm 0,006$ Å; $b_0 = 5,482 \pm 0,008$ Å; $c_0 = 4,431 \pm 0,007$ Å; $V = 228,68$ Å³ [213].

Установленный нами [86], химический состав хризоберилла из плагиоклазитов приведен в таблице 5.2.2 (анализы 1-4). Минерал практически не содержит примесей и лишь незначительно обогащен примесью железа (Fe₂O₃ до 2,7 мас.%). Сумма полученных анализов также занижена (в пределах 82-82,5%), так как в хризоберилле не определялся бериллий, но по аналогии с анализами минерала из гранитных пегматитов, полученные результаты анализов являются вполне корректными и воспроизводимыми [86]. Содержание железа в хризоберилле Липовского месторождения близки к таковым в хризоберилле Изумрудных копей и варьируют от 1,44 до 3,17 мас.% Fe₂O₃. Содержание Ti варьирует в широких пределах от 0 до 1,18 мас.% TiO₂, что идентично Малышевскому месторождению. В отличие от Изумрудных копей, хризоберилл Липовки содержит существенно меньше хрома (до 0,03 мас.% Cr₂O₃) и содержит олово (до 0,17 мас.% Sn₂O₃) [41]. В целом, наши данные по составу хризоберилла из плагиоклазитов, совпадают с данными О.С. Долговой с соавторами.

Таблица 5.2.2 – Химический состав (в мас.%) хризоберилла из плагиоклазитов Липовки, по [86]

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	SnO ₂	Сумма
1	0,01	0,01	80,15	-	1,98	-	-	-	82,16
2	0,01	0,01	79,53	-	2,67	0,03	0,01	-	82,26
3	0,03	-	80,30	-	2,14	-	0,02	-	82,50
4	0,01	-	80,28	-	2,12	0,02	-	-	82,44
5	0,03	1,18	78,51	0,00	1,83	-	-	0,06	81,61
6	0,00	0,00	76,84	0,02	3,17	-	-	0,15	80,18

Примечание - Анализы 1-4 выполнены на микроанализаторе Самеса SX 100 (аналитик В.В. Хиллер); анализы 5 и 6 по [41]; прочерк – элемент не определялся.

Интерпретация сделанных нами [86] рентгенометрических данных показала, что хризоберилл из плагиоклазитовых тел имеет более плотную элементарную ячейку, по сравнению со своим аналогом из гранитных пегматитов и наиболее близко соответствует эталону хризоберилла. Результаты микрондового анализа также говорят о том, что хризоберилл из плагиоклазитов содержит меньше примесей. Отличается и морфология кристаллов, так для хризоберилла из гранитных пегматитов характерны уплощенные, одиночные индивиды, а для его аналога из плагиоклазитов – типовые тройники (или так называемые «пешки»). Из этого следует, что липовский хризоберилл достаточно сильно отличается, в зависимости от минерального состава материнских пород, поэтому полученные данные можно использовать в качестве его типоморфных признаков [86].

Магнетит. Впервые для этого типа пегматитов упомянут В.А. Поповым и А.А. Канонерным [171], ими он встречен в антофиллитовой зоне жилы (с звездчатой и параллельно шестоватой структурой). Автором находка магнетита подтверждена, но минерал дополнительно не изучался.

Шпинель. В целом, шпинель уже упоминалась в пределах Липовского рудного поля в отчете [144], но как минерал карстовых воронок и мраморов. В жильных телах Липовки шпинель ранее не была обнаружена и описана. По нашим данным [88], акцессорная шпинель отмечается именно среди скоплений предельно кальциевого плагиоклаза. Минерал слагает ксеноморфные зерна, размером до 200-250 мкм, среди агрегата анортита (рисунок 5.2.6). Визуально выглядит черным, в шлифе просвечивает зеленоватым. В ассоциации со шпинелью, кроме плагиоклаза, отмечаются турмалин, хлорит, сепиолит (вторичный в порах) и циркон [88].

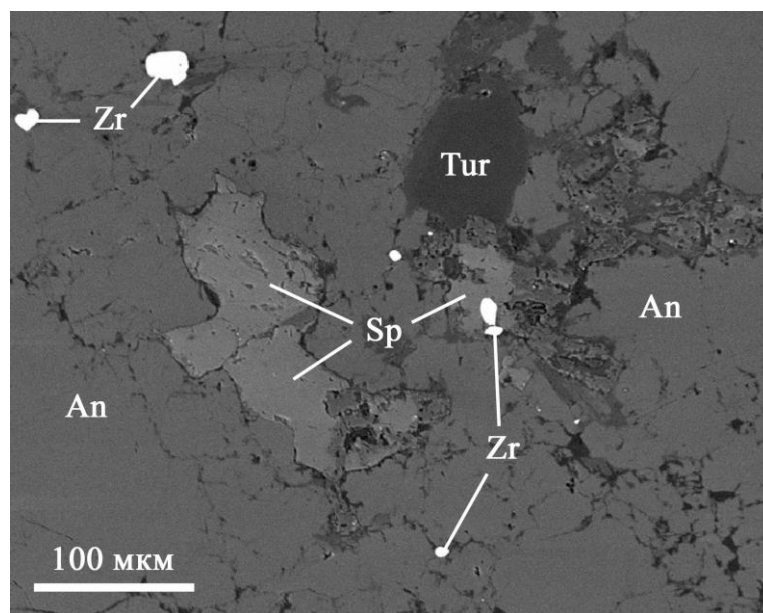


Рисунок 5.2.6 – Ксеноморфные зерна шпинели (Sp) в агрегате анортита (An), в ассоциации с турмалином (Tur) и цирконом (Zr); фото в обратно-отраженных электронах, Cameca SX 100

По данным микрозондового анализа зерна минерала отличаются устойчивым составом (таблица 5.2.3) и уверенно определяются как железистая шпинель (или плеонаст). Из значимых примесей отмечается только марганец, из незначительных – кремний, кальций, титан и хром.

Таблица 5.2.3 – Химический состав шпинели (в мас.%) из плагиоклазитов Липовки, по [88]

№	SiO ₂	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Сумма
1	0,02	0,02	0,02	66,53	17,67	0,21	14,90	0,03	99,40
2	0,04	0,01	-	66,88	17,51	0,11	14,83	0,04	99,42
3	0,04	-	0,07	66,96	17,98	0,08	15,19	0,06	100,37
4	0,03	-	0,04	66,30	17,71	0,21	14,70	0,02	99,02
5	0,03	0,02	0,02	66,51	17,98	0,20	15,03	0,06	99,85
6	-	0,01	0,03	66,19	17,75	0,14	14,80	0,03	98,97
кристаллохимические формулы в пересчете на 3 катиона									
1	(Mg _{0.58} Fe _{0.38} Mn _{0.01}) _{0.97} Al _{2.03} O ₄								
2	(Mg _{0.58} Fe _{0.38}) _{0.96} Al _{2.04} O ₄								
3	(Mg _{0.58} Fe _{0.39}) _{0.97} Al _{2.03} O ₄								
4	(Mg _{0.57} Fe _{0.39} Mn _{0.01}) _{0.97} Al _{2.03} O ₄								
5	(Mg _{0.58} Fe _{0.39} Mn _{0.01}) _{0.98} Al _{2.02} O ₄								
6	(Mg _{0.58} Fe _{0.39}) _{0.97} Al _{2.03} O ₄								

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

На основании сделанного нами [88], кристаллохимического пересчета шпинели можно сделать вывод о полном заполнении алюминием позиции трехвалентных элементов, что в свою очередь показывает отсутствие окисного железа в структуре минерала. Содержание минералов в минерале следующее – шпинель (59-60%), герцинит (39-40%) и галаксит (0-1%). На данный момент сложно сказать, является ли железистая шпинель реликтом раннего парагенезиса гранитных пегматитов или образовалась в результате их десиликации. Хотя в пользу второго утверждения, говорит отсутствие этой шпинели в гранитных пегматитах (на фоне широкого развития ганита [70]) и её приуроченность к агрегатам явно вторичного анортита [88].

Брусит. Впервые на данном объекте упомянут как минерал найденный в серпентинитах в отчете [145]. Позже в 1996 году найден в десилицированных жилах В.А. Поповым и А.А. Канонеровым [171], где его тригональные пластинки выполняют секущие трещины. Эти трещинки секут турмалин-амфиболовую зону, содержащую флогопит и хризоберилл.

Ферроколумбит. На данном объекте впервые установлен и изучен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], в плагиоклазитовой жиле (карьер 4-5). Отмечалось, что ферроколумбит псевдоморфно замещает первичный манганотанталит и по составу является высокомагнезиальным (таблица 5.2.4, анализ 1). Цвет минерала железно-черный с металловидным блеском. Ферроколумбит образует непрерывную, изоморфную систему с ферротанталитом, магнезиоколумбитом и магнезиотанталитом [163].

Таблица 5.2.4 – Состав (в мас.%) магнезиоколумбита и ферроколумбита из плагиоклазитов.

№	1	2	3	4	5	6
	магнезиоколумбит			магнезиальный ферроколумбит		
WO ₃	-	-	-	1,73	2,08	2,11
Ta ₂ O ₅	30,59	28,49	40,09	16,84	18,19	16,88
Nb ₂ O ₅	52,18	55,14	43,53	64,19	63,03	64,41
TiO ₂	-	-	0,10	0,40	0,41	0,46
PbO	-	-	-	0,29	0,30	0,28
MnO	1,77	2,44	0,53	1,02	0,71	0,49
FeO	9,88	6,95	9,68	12,95	11,88	11,74
MgO	5,59	6,97	5,67	3,10	3,88	4,30
CaO	-	-	-	0,03	0,05	0,04
Сумма	100,00	100,00	99,60	100,55	100,53	100,71
кристаллохимические формулы на 3 катиона						
1	$(Mg_{0.50}Fe_{0.49}Mn_{0.09})_{1.08}(Nb_{1.42}Ta_{0.50})_{1.92}O_6$					
2	$(Mg_{0.61}Fe_{0.34}Mn_{0.12})_{1.07}(Nb_{1.47}Ta_{0.46})_{1.93}O_6$					
3	$(Mg_{0.53}Fe_{0.51}Mn_{0.03})_{1.07}(Nb_{1.24}Ta_{0.69})_{1.93}O_6$					
4	$(Fe_{0.64}Mg_{0.27}Mn_{0.05})_{0.96}(Nb_{1.72}Ta_{0.27}W_{0.02}Ti_{0.02})_{2.04}O_6$					
5	$(Fe_{0.60}Mg_{0.34}Mn_{0.04})_{0.98}(Nb_{1.68}Ta_{0.29}W_{0.03}Ti_{0.02})_{2.02}O_6$					
6	$(Fe_{0.58}Mg_{0.38}Mn_{0.02})_{0.98}(Nb_{1.70}Ta_{0.27}W_{0.03}Ti_{0.02})_{2.02}O_6$					

Примечание. Анализы 1-2 – наши данные, ан. 3 – из [163], ан. 4-6 – по нашим данным [49].

Нами [49] ферроколумбит отобран из плагиоклазитовых блоков десилицированной жилы. Минерал расположен в мелкозернистом агрегате анортита. В этом же плагиоклазите были обнаружены и удлиненные индивиды ферроколумбита (рисунки 5.2.7 и 5.2.8), размером 2-3 см по удлинению, но они не содержат каких-либо реликтовых зон танталита и имеют достаточно однородный химический состав (таблица 5.2.4, анализы 4-6) [49].

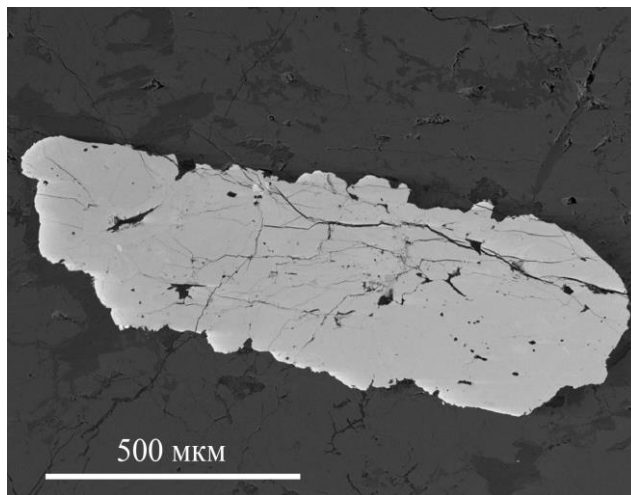


Рисунок 5.2.7 – Индивид ферроколумбита в матрице плагиоклазита; BSE-изображение, Cameca SX 100

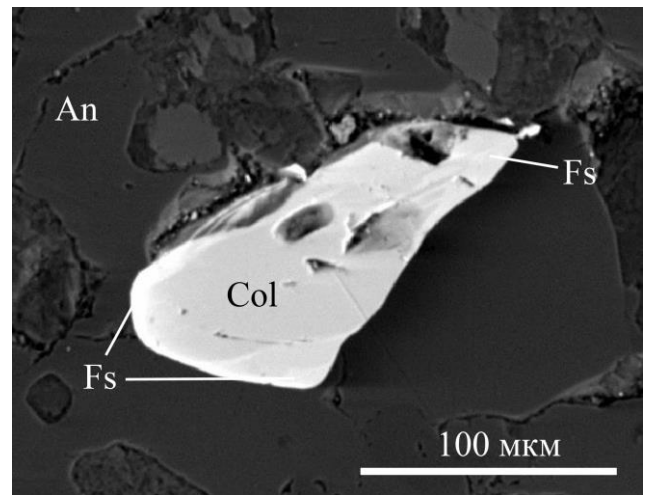


Рисунок 5.2.8 – Зерно ферроколумбита (Col) с каймами обрастания ферсмита (Fs), в агрегате анортита (An); фото в обратно-рассеянных электронах (BSE-изображение)

По нашим данным [49], ферроколумбит действительно отличается высоким содержанием магния (MgO до 4,3 мас.%), что при пересчете дает около 40% минала магнезиоколумбита, но по остальным компонентам имеет существенные различия с ранее опубликованными данными (особенно по соотношению тантала и ниобия). Интересно, что минерал в плагиоклазите встречается реже, чем другие ниоботанталаты. Визуально ферроколумбит хорошо отличается в породе, т.к. вокруг него нет плеохроичных двориков. В отдельных случаях по колумбиту (рисунок 5.2.8) развиваются каймы обрастания ферсмита [49].

При исследовании одного из зерен колумбита нами [98], было отмечено необычное, неоднородное строение танталониобата, ранее никем не упоминаемое. Минерал содержит многочисленные, ксеноморфные включения кальцита и олигоклаза (рисунок 5.2.1), размером до 200 мкм. Зерно ферроколумбита содержит кайму более позднего ишикаваита. Интересным является установленный факт замещения ферроколумбита ишикаваитом, т.к. ранее нами отмечались индивиды ишикаваита частично замещенные агрегатами пирохлора и уранпирохлора [98].

Магнезиоколумбит. Найден и изучен в глубоко десилицированной жиле И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163]. По их данным минерал представлен высокожелезистой разновидностью связанной плавными переходами по составу с ферроколумбитом и установлен в составе полиминеральных кайм замещения манганотанталита.

По нашим данным [80], магнезиоколумбит слагает хорошо образованные, короткопризматические кристаллы, размером до 2 мм, в анортитовой матрице плагиоклазита (рисунок 5.2.9). Морфология индивидов танталониобата напоминает описанные ранее кристаллы из пегматитов Кухи-Лала [116] и достаточно сильно отличается от уплощенных кристаллов описанных в этих же пегматитах [128].

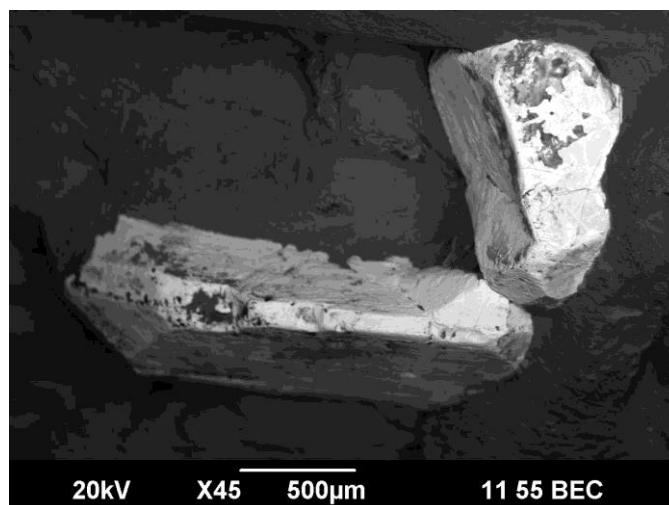


Рисунок 5.2.9 – Кристаллы магнезиоколумбита в плагиоклазовой (анортитовой) матрице; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV (ИГГ УрО РАН, аналитик И.А. Готтман)

По химическому составу танталониобат относится к железистому магнезиоколумбиту. Так состав изученных нами [80] зерен (таблица 5.2.4, анализы 1-2), достаточно сильно отличается от состава магнезиоколумбита из полиминеральных псевдоморфоз (таблица 5.2.4, анализ 3), в первую очередь большим содержанием ниобия относительно тантала и более высокой концентрацией марганца. Кристаллохимический пересчет анализов показал, что для липовского магнезиоколумбита, как по нашим данным, так и по [163], характерно небольшое завышение в позиции двухвалентных катионов и соответственно недостаток в позиции ниобия с танталом. Возможно, это связано с присутствием окисного железа в минерале, т.к. считается, что магнезиоколумбит формируется в условиях повышенного окислительного потенциала [162]. Полученные данные показывают, что магнезиальные танталониобаты не являются редкостью для плагиоклазитовых жил Липовки [80].

Манганотанталит. В минералогической сводке [163] указывается на то, что это реликтовый минерал исходного парагенезиса «пегматита чистой линии», кристаллизовавшийся еще до того, как произошло его химическое взаимодействие с вмещающими серпентинитами и мраморами. На данном объекте найден И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой в осевой зоне десилицированной жилы состоящей из белого кальцит-андезинового агрегата, в ассоциации с хризобериллом, дравит-увитом и Be-содержащим кордиеритом [163].

Ферротанталит. На данном объекте найден и изучен в глубоко десилицированной жиле И.В. Пековым с соавторами. Минерал представляет собой высокомагнезиальную и высокониобиевую разновидность ферротанталита. Это типичный компонент кайм и псевдоморфоз по манганотанталиту [162, 163].

Магнезиотанталит. Как и предыдущий минерал найден и изучен в глубоко десилицированной жиле И.В. Пековым с соавторами [162, 163]. По их данным он замещает кристаллы манганотанталита в кальцит-андезиновых участках жилы.

Микролит. Впервые упоминается В.А. Поповым и А.А. Канонеровым в 1996 году [171], как минерал встреченный в мелкозернистом «аплитовидном» кальцит-андезиновом агрегате, в ассоциации с апатитом и танталитом, в центральной части описываемой ими десилицированной жилы. Более детально урансодержащий микролит в составе кайм замещения манганотанталита, в ассоциации с хризобериллом, в кальцит-андезиновой матрице этой же жилы описан И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [131, 163].

Уранмикролит. Согласно принятой классификации группы пирохлора [237], наиболее богатые ураном индивиды микролита (с атомным отношением $U:Ca=0,5$) десилицированных жил, могут быть отнесены к уранмикролиту [163].

Пирохлор. Обнаружен нами [49], в виде неправильных скоплений (так называемые темные зоны в BSE-изображении), в матрице крупных индивидов ишикаваита (рисунок 5.2.5).

Их размер обычно не превышает первые десятки мкм, и они тяготеют к границе ишикаваита с более водными каймами уранпирохлора. По данным микронзондового анализа (таблица 5.2.5), минерал отличается переменчивым химическим составом, но благодаря устойчиво высоким содержаниям кальция и ниобия, можно уверенно относить его к пирохлору. Недостаток суммы анализов, в виде присутствия воды, вполне характерен для данного минерала. В отдельных точках отмечаются аномально высокие количества титана, тория и урана, поэтому их можно выделять как разновидности пирохлора. В плагиоклазитах, а также в пегматитах Липовки, пирохлор ранее не был установлен [49].

К сожалению, из-за мелкого размера зерен у автора не было возможности изучить структуру этого минерала. Но по существующей в данный момент систематике этот минерал ближе всего схож с гидроксилкальциопирохлором.

Таблица 5.2.5 – Химический состав (в мас.%) пирохлора, по нашим данным [49]

WO ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	ThO ₂	UO ₂	TiO ₂	Ce ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	PbO	FeO	MnO	CaO	Сумма
1,63	42,35	16,35	13,09	0,99	8,55	-	1,09	0,37	0,36	-	10,91	95,68
0,85	57,55	13,39	1,87	3,58	0,46	0,25	0,82	0,40	1,77	0,10	14,70	95,74
1,88	49,68	16,32	5,67	4,64	1,78	0,37	1,05	0,48	2,60	0,14	10,66	95,26
1,64	42,81	14,67	4,58	10,41	0,12	0,20	1,90	0,61	4,43	0,05	7,76	89,17

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Уранпирохлор. Обнаружен нами [49], в виде тонких кайм вокруг зерен ишикаваита (рисунок 5.2.5), иногда минерал полностью замещает первичную матрицу. Визуально приобретает зеленовато-желтую окраску, со смолистым блеском и желтыми внутренними рефлексамии. Под микроскопом видна сильная трещиноватость минерала, что говорит об увеличении его объема за счет вхождения воды в структуру. Данные его химического состава (таблица 5.2.6) сильно напоминают анализы ишикаваита, с немного заниженными значениями по основным компонентам и вполне хорошо соответствует уранпирохлору. Сумма анализов сильно занижена, видимо за счет присутствия воды. Очевидно является вторичным минералом и развивается по высокоурановой матрице ишикаваита. В жильных телах Липовки, уранпирохлор ранее установлен не был [49]. Подобные уранпирохлоры были установлены В.И. Алексеевым и Ю.Б. Мариным в онгонитах на Дальнем Востоке в Верхнеурмийском массиве [4].

Таблица 5.2.6 – Химический состав (в мас.%) уранпирохлора, по нашим данным [49]

№	WO ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	ThO ₂	UO ₂	TiO ₂	Ce ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	PbO	FeO	MnO	CaO	Сумма
1	2,57	35,75	12,96	7,81	21,53	0,05	-	2,29	0,94	5,70	0,12	1,09	90,81
2	2,43	35,47	12,66	8,23	20,92	0,05	0,58	2,64	0,89	6,70	0,06	0,93	91,57

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Ишикаваит. Обнаружен нами [49], в виде крупных, вытянутых зерен черного цвета, размером до 1 см по удлинению, в массе плагиоклазита (рисунок 5.2.5). Излом кристаллов раковистый, имеют смолистый блеск, внутри отмечаются желтовато-бурые рефлексы. Вокруг подобных индивидов отмечаются плеохроичные дворники красноватого цвета. В BSE-изображении имеет светло-серую окраску и слагает центральные зоны кристаллов, местами замещается смесью высококальциевых ниоботанталатов (темные зоны) и с краев всегда разъедается каймами уранпирохлора. По данным химического состава (таблица 5.2.7), минерал хорошо соответствует ишикаваиту (урановому аналогу самарскита), т.е. содержит повышенные количества урана, железа, иттрия и крайне низкий кальций (натрий не был обнаружен) [49].

Немного заниженная сумма анализов как мы полагаем [49], вероятно связана с другим валентным состоянием железа и урана, а также с присутствием воды (из-за радиоактивного распада вещества). Интересно, что в типовых анализах ишикаваита также постоянно присутствует вода, иногда до 5% [236]. К сожалению, рентгенометрический анализ минерала пока провести не удалось, так как индивиды содержат несколько минеральных фаз и почти весь спектр отражений забивается высоким фоном рентгеноаморфности.

Таблица 5.2.7 – Химический состав (в мас.%) ишикаваита, по нашим данным [49]

№	1	2	3	4	5
WO ₃	2,90	3,05	2,90	2,56	3,12
Nb ₂ O ₅	33,69	34,17	34,30	35,48	34,64
Ta ₂ O ₅	14,79	14,79	14,92	13,70	14,21
ThO ₂	7,69	7,61	7,71	8,03	7,40
UO ₂	19,05	19,89	19,48	21,33	22,15
TiO ₂	0,07	0,03	0,02	0,04	0,03
Ce ₂ O ₃	0,22	0,26	0,14	0,26	0,18
Y ₂ O ₃	3,56	3,32	3,41	2,62	2,33
PbO	0,96	0,91	0,88	0,99	1,02
FeO	8,84	8,46	8,54	8,46	8,10
MnO	0,08	0,11	0,11	0,12	0,06
CaO	1,34	1,15	1,00	1,04	1,16
Сумма	93,19	93,76	93,41	94,62	94,41

Примечание – Выборка из 16 точек анализов ишикаваита. Анализы выполнены на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Минерал более распространен в плагиоклазитовых блоках, чем ферроколумбит и другие ниоботанталаты. В плагиоклазитах и в пегматитах Липовки ишикаваит ранее не был установлен [49]. Нами [98] также установлен факт замещения ишикаваитом ферроколумбита, а также то, что в кайме ишикаваита наблюдается обильная вкрапленность ксеноморфных зерен уранинита [98].

Ферсмит. Установлен в глубоко десилицированной жиле И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], впервые для пегматитов Липовки. Они обнаружили минерал в виде мелких обособлений до 0,05 мм, имеющих простой химический состав (таблица 5.2.8, анализ 1), среди сложных агрегатов ниоботанталатов замещающих манганотанталит [163].

Нам [49] также удалось установить ферсмит в матрице плагиоклазита. Он обнаружен в краевых зонах небольших индивидов ферроколумбита и, судя по всему, обростает или замещает его. На фото в BSE-изображениях ферсмит отличается более яркой окраской, по сравнению с матрицей колумбита (рисунок 5.2.8). По данным микрозондового анализа (таблица 5.2.8, анализы 2-3) минерал характеризуется присутствием большого количества примесей, чем сильно отличается от ранее приведенного анализа ферсмита [49].

Таблица 5.2.8 – Химический состав (в мас.%) ферсмита из плагиоклазитов [49]

№	WO ₃	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	TiO ₂	Ce ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	FeO	PbO	CaO	MgO	Сумма
1	-	17,34	66,18	-	-	-	-	-	15,34	-	98,86
2	2,37	6,08	72,03	1,32	0,22	0,16	0,43	0,35	15,27	0,03	98,47
3	1,23	8,37	71,59	0,97	0,10	0,12	0,48	0,37	15,38	0,01	98,77

Примечание – Анализы: 1 – ферсмит, по (Пеков, Меметова, 2008); анализы 2-3 – наши данные. Анализы выполнены на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Фенакит. С одной стороны является редким минералом, но он достаточно часто отмечается в гранитных пегматитах. Ранее минерал описан в работе В.А. Попова и А.А. Канонерова [171] с приведением морфологии кристаллов. Ими минерал обнаружен в виде мелких индивидов, размером до 8 мм, нарастающих на головки кристаллов турмалина. Они установили, что фенакит имеет богатую огранку и определили новые для него формы – $\lambda\{3412\}$ и $\Sigma\{3521\}$ (рисунок 5.2.10). Чечевицеобразные кристаллы фенакита, почти без граней призм найдены позже в этой же жиле И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163].

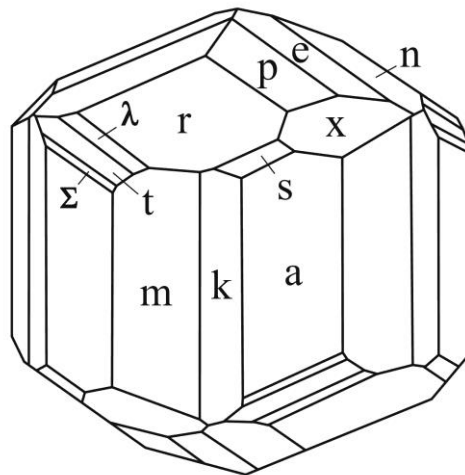


Рисунок 5.2.10 – Кристалл фенакита по [171]; простые формы: $a\{1120\}$, $m\{1010\}$, $k\{4150\}$, $r\{1011\}$, $e\{0112\}$, $p\{1123\}$, $n\{1213\}$, $x\{1232\}$, $t\{2311\}$, $\lambda\{3412\}$, $\Sigma\{3521\}$, $s\{2131\}$

Нашими исследованиями [50] были установлены другие кристаллы силиката бериллия, несколько отличающиеся по огранке от опубликованного. По полученным данным следует, что в плагиоклазитах встречается два типа кристаллов – изометричный и сильно уплощенный по [0001]. Первый тип кристаллов фенакита нами установлен, как поздний минерал, в полостях инкрустированных кристаллами турмалина [50].

По нашим данным [50], мелкие прозрачные кристаллы фенакита, размером до 3 мм, нарастают на черные индивиды увит-дравитового состава. Кристаллы слабо уплощены по оси [0001], имеют изометричный облик и, несмотря на сходство, по огранке более бедные, чем описанные ранее [171]. Кристаллы сложены гексагональными призмами – $a\{1120\}$, $m\{1010\}$ и ромбоэдрами – $r\{1011\}$, $e\{0112\}$, $p\{1123\}$, $x\{1232\}$ (рисунок 5.2.11). Наиболее развитыми гранями у индивидов этого типа являются $a\{1120\}$ и $r\{1011\}$. На гранях призм отмечается комбинационная штриховка, вызванная их совместным ростом [50].

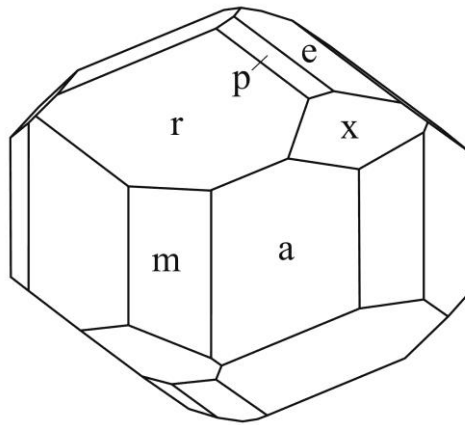


Рисунок 5.2.11 – Кристалл фенакита изометричного облика
(индексы простых форм приведены в тексте)

Второй тип кристаллов фенакита установлен нами [50] также в полостях, среди турмалин-хризобериллового агрегата. Мелкие, непрозрачные кристаллы, белого цвета, размером до 5-6 мм, расположены в сером, глинистом (сепиолитовом) цементе, который выполняет полости. Кристаллы сильно уплощены по оси [0001], по огранке резко отличаются от описанного ранее индивида [171] и похожих на него кристаллов первого типа. Индивиды сложены гексагональными призмами – $a\{1120\}$, $m\{1010\}$ и ромбоэдрами – $r\{1011\}$, $e\{0112\}$, $p\{1123\}$, $x\{1232\}$, $s\{2131\}$ (рисунок 5.2.12). Наиболее развитыми гранями у индивидов этого типа являются $a\{1120\}$ и $e\{0112\}$. На гранях ромбоэдра $e\{0112\}$ отмечается комбинационная штриховка, вызванная его совместным ростом с другим ромбоэдром $p\{1123\}$. Судя по взаимоотношениям окружающих минералов, второй тип кристаллов фенакита сформировался позднее первого типа [50].

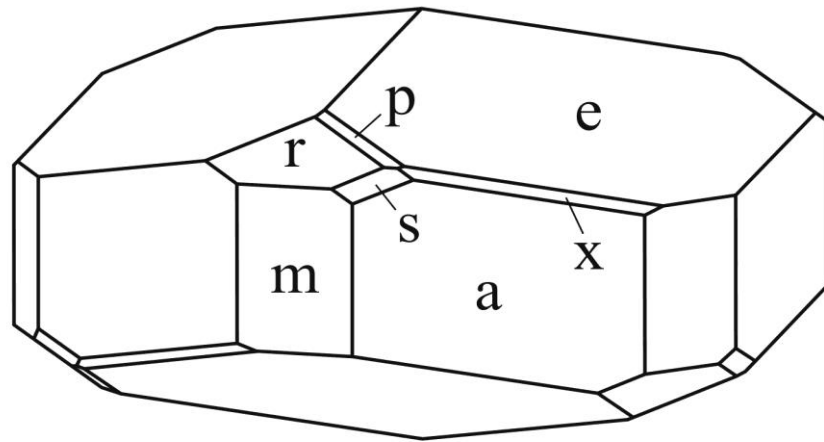


Рисунок 5.2.12 – Кристалл фенакита, уплощенный по $[0001]$
(индексы простых форм приведены в тексте)

При этом силикат бериллия практически всегда слагает хорошо образованные кристаллы, как например в гранитных пегматитах Колорадо (в ассоциации с бериллом, берtrandитом и флюоритом) [254] или в пегматитах Алабашского жильного поля [177]. Часто кристаллы фенакита описывались в гранитных пегматитах Ильменских гор [164, 166, 169 и др.]. В последнее время особую популярность приобрели двойники прорастания фенакита из гранитных пегматитов Мьянмы [174]. В десилицированных телах и связанных с ними слюдитах кристаллы фенакита встречаются на Изумрудных копях Урала [23], в провинции Галисия (северо-западной части Испании) [242] и многих других местах [50].

Эволюция морфологии кристаллов фенакита в пределах одного тела была рассмотрена В.О. Поляковым [166, 164], в гранитных пегматитах Ильменского заповедника. Им, на примерах копей 59 и 70, было установлено, что сначала кристаллизуются призматические индивиды, потом формируются изометричные и самыми последними образуются дисковидные (сильно уплощенные по $[0001]$) кристаллы [166, 164]. В липовских телах также происходит смена индивидов фенакита с изометричного облика до сильно уплощенных по $[0001]$ кристаллов, что подтверждает ранее установленную эволюцию кристалломорфологии силиката бериллия [50].

Циркон. Ранее установлен в виде изометричных зерен до 0,05 мм, вросших в агрегаты ниоботанталатов, замещающих манганотанталит [163].

По нашим данным [49], циркон образует крупные кристаллы размером до 5 мм по удлинению, на контакте турмалиновой оторочки и плагиоклазита. Также минерал в виде мелких зерен (размером до 50 мкм) распылен по всей матрице анортитита (рисунок 5.2.6) [49], реже встречается в виде включений, размером до 10-20 мкм, в шпинели [88]. В кристаллах образует типичную огранку в виде комбинации тетрагональной призмы и двух дипирамид, и

имеет коричневато-белесую окраску, что говорит о значительном изменении минерала. Мелкие индивиды уверенно диагностируются под зондом по преобладающим пикам циркония и кремния [49].

Ве-кордиерит. Впервые установлен и детально описан в десилицированной жиле, на Липовке, И.В. Пековым с коллегами [160]. Зерна кордиерита вырастают в агрегаты магнезиогорнблендита и дравит-увита, обычно на контакте с кальцит-андезиновыми гнездами или же включены непосредственно в кальцит-андезиновую матрицу и тесно ассоциируют с хризобериллом и флогопитом [160]. В кордиерите присутствуют существенные примеси (мас.%): CaO 1,80; Na₂O 1,42; BeO 2,51 (причем содержание последнего компонента вычислено из структурных данных) [163].

Нами [49] кордиерит также обнаружен в плагиоклазитовых блоках, где минерал ассоциирует с хризобериллом и местами корродируется слюдистой массой, за счет чего вокруг кордиерита образуется серая «рубашка». Форма выделений неправильная, но крупных размеров, иногда до 1-2 см. Цвет специфический оранжевый и оранжевато-красный. Химический состав минерала хорошо согласуется с ранее опубликованными данными [160], хотя отдельные анализы отличаются еще более заниженными значениями глинозема (примерно на 2-3%) и, возможно, что количество бериллия в кордиерите превышает ранее установленные 2,5% BeO [49].

Дравит. В десилицированной жиле впервые определен В.А. Поповым и А.А. Канонеровым [171] в 1996 году как увит и это оказалась первая находка данного минерала для Урала и для Липовского поля. Турмалин образует шестоватые, длиной до 20 см индивиды, просвечивающие в тонких сколах синим цветом. Нередко наблюдаются его индукционные поверхности с амфиболом, хризобериллом и флогопитом [171].

По И.В. Пекову и Л.Р. Меметовой [163], протяженность практически мономинеральных турмалиновых обособлений достигает 1 м и более, при мощности до 0,2-0,3 м. В небольших полостях таких скоплений встречаются блестящие, хорошо ограненные призматические кристаллы дравита (до 2 см). Более грубо образованные кристаллы длиной до 5 см, основанием прикрепленные к массивному турмалиновому агрегату, вырастают в кальцит-андезиновую массу, заполняющую гнезда в осевой зоне жилы. С турмалином тесно ассоциируют магнезиогорнблендит, флогопит, хризоберилл, фенакит Ве-содержащий кордиерит, поздний серпентин [163].

По нашим данным [49], дравит слагает крупные скопления на контакте плагиоклазитовых блоков с вмещающей флогопит-амфибол-турмалиновой породой. В самих плагиоклазитах встречается редко. Турмалин отличается крупными размерами, некоторые индивиды достигают 10-15 см в длину (Ерохин и др., 2011₂) [49]. Но нередко в интерстициях

между крупными индивидами турмалина встречаются и более мелкие (в среднем около 0,5 мм), хорошо ограненные кристаллы, выполняющие стенки пустот (рисунки 5.2.13 и 5.2.14).

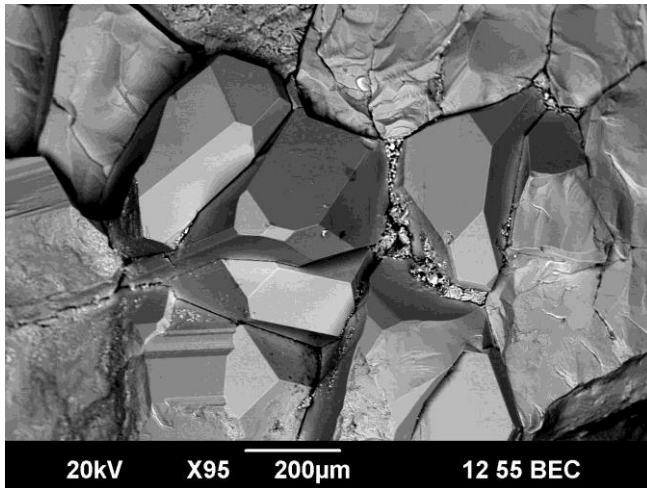


Рисунок 5.2.13 – Кристаллы турмалина на стенке крупного индивида турмалина; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

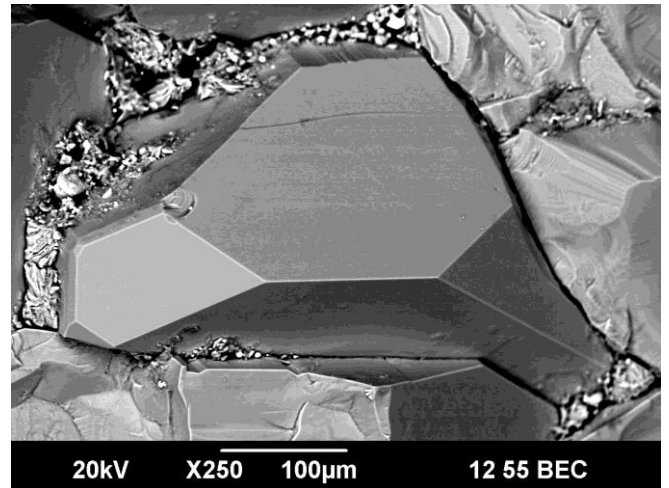


Рисунок 5.2.14 – Кристалл турмалина на стенке крупного индивида турмалина; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

По [163] составы турмалина попадают, как в поле увита, так и в поле дравита, т.е. имеют промежуточные составы. Но по нашим данным [49], полученным с помощью микрозондового анализа (таблица 5.2.9) турмалин является дравитом, с высоким содержанием минала увита (в пределах 18-45%).

Таблица 5.2.9 – Химический состав (в мас.%) дравита из плагиоклазита, по нашим данным [49]

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
1	36,70	-	32,55	0,20	3,59	-	9,04	1,00	1,95	0,01	85,04
2	36,87	-	32,45	-	4,37	0,03	8,77	1,11	1,94	0,01	85,55
3	37,08	0,01	32,39	0,02	3,55	0,03	9,61	1,42	1,86	0,01	85,98
4	36,48	0,02	31,44	0,01	3,43	-	10,40	2,55	1,48	0,01	85,82
5	36,38	0,01	32,17	-	4,85	0,10	8,68	1,74	1,79	0,02	85,74
6	37,39	-	32,77	-	3,50	0,02	8,96	1,03	1,95	0,01	85,63
Формульные единицы											
1	6,07	-	6,36	0,03	0,50	-	2,23	0,18	0,63	-	16,00
2	6,09	-	6,32	-	0,60	-	2,17	0,20	0,62	-	16,00
3	6,07	-	6,25	-	0,49	-	2,35	0,25	0,59	-	16,00
4	5,99	-	6,08	-	0,47	-	2,54	0,45	0,47	-	16,00
5	6,02	-	6,27	-	0,67	0,01	2,15	0,31	0,57	-	16,00
6	6,15	-	6,36	-	0,48	-	2,21	0,18	0,62	-	16,00

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

К сожалению, предыдущие исследователи не уточнили, из каких зон пегматита изучался боросиликат, возможно они изучали турмалин вне блоков плагиоклазитов. Вероятно, наши данные противоречат прежним результатам из-за того, что на контакте с плагиоклазитом боросиликат является более натровым, а в флогопит-амфибол-турмалиновой породе – более кальциевым [49]. До нас данные по химическому составу липовского турмалина из плагиоклазитов никем не приводились. Спектр лантаноидов содержащихся в турмалине из плагиоклазитовой жилы приведен в разделе 5.1 Главы 5 диссертации (рисунок 5.1.16). Этот спектр, по нашим данным [71], очень схож со спектром, полученным для шерла из гранитных пегматитов. Если сравнивать этот спектр со спектром содержаний РЗЭ в цветных турмалинах из лепидолит-альбитовых пегматитов, то при всей схожести спектров по конфигурации значения последнего на один порядок ниже.

Магнезиогорнблендит (эденит). В десилицированной жиле этого объекта впервые определен В.А. Поповым и А.А. Канонеровым [171] в 1996 году. По И.В. Пекову и Л.Р. Меметовой [163] амфибол в этой же жиле ассоциирует с дравит-увитом, флогопитом, хризобериллом и кордиеритом. По химическому составу этот минерал представляет собой разновидность магнезиогорнблендита [163] переходную к эдениту [171].

Мусковит. По нашим данным [49], слюда совместно с хлоритом и кальцитом образует мелко- и крупночешуйчатые агрегаты, в интерстициях между зернами плагиоклаза. Размер выделений иногда достигает 1-1,5 см. Слюдистое вещество совместно с хлоритом обычно слагает краевую часть интерстиций, а карбонат – центральные зоны. Визуально слюда имеет светло-зеленоватую окраску, в шлифе бесцветная, без плеохроизма, иногда с проявлением псевдоабсорбции. По данным микрозондового анализа (таблица 5.2.10), слюда является мусковитом с высоким содержанием минала парагонита (в пределах 10-30%). Интересно, что именно на контакте со слюдистым агрегатом плагиоклаз также содержит повышенные количества натрия и является андезином [49]. Ранее мусковит в плагиоклазитах Липовки не описывался, а упоминался только флогопит.

Таблица 5.2.10 – Химический состав (в мас.%) слюды из плагиоклазита, по нашим данным [49]

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
1	48,25	-	36,64	0,02	0,06	-	0,42	0,34	2,08	7,13	94,93
2	48,65	-	35,96	-	0,11	0,02	0,52	0,38	1,28	8,25	95,19
3	47,92	-	37,01	0,09	0,12	-	0,35	0,10	0,77	9,38	95,74
4	48,87	0,02	36,77	0,07	0,13	0,02	0,51	0,36	1,58	7,61	95,94
5	48,31	0,04	37,26	0,02	0,06	0,01	0,24	0,13	1,29	8,89	96,24
6	46,43	0,05	37,40	0,11	0,08	-	0,18	0,96	1,44	7,58	94,23

Продолжение таблицы 5.2.10

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
Формульные единицы											
1	3,66	-	3,27	-	-	-	0,05	0,02	0,31	0,69	8,00
2	3,70	-	3,22	-	0,01	-	0,05	0,03	0,19	0,80	8,00
3	3,62	-	3,30	0,01	0,01	-	0,04	0,01	0,11	0,90	8,00
4	3,68	-	3,26	-	0,01	-	0,06	0,03	0,23	0,73	8,00
5	3,62	-	3,30	-	0,01	-	0,03	0,01	0,18	0,85	8,00
6	3,56	-	3,38	0,01	0,01	-	0,02	0,07	0,21	0,74	8,00

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Флогопит. На исследуемом объекте, в десицированной жиле определен В.А. Поповым и А.А. Канонеровым [171] в 1996 году. По их данным флогопит имеет зеленовато-бурый цвет, при этом размер его индивидов достигает 2 см. Ими минерал встречен в ассоциации с турмалином и амфиболом [171] и приурочен к внутренним зонам глубоко десицированных тел [163].

Автором диссертации индивиды флогопита размером около 5-10 мм имеющие светло-бурый цвет встречены на контакте плагиоклазитового ядра с черным турмалином. Такого же цвета, но мелкозернистый флогопит наблюдался в довольно трещиноватой зоне расположенной в турмалиновом агрегате. При этом, в последнем случае, флогопит находится в тальк-хлоритовой ассоциации. Флогопит нередко ассоциирует с хризобериллом и хлоритом, при этом последний минерал, в некоторых случаях образует каймы развитые по флогопиту.

Сепиолит. По данным автора диссертации [49], сепиолит встречается в блоках сильно выветренных плагиоклазитов. Он образуется так же, как слюда, хлорит и кальцит, в интерстициях между зернами анортита, а также в пустотах между кристаллами турмалина и слагает тонкочешуйчатые скопления белого цвета. Минерал определен по данным микронзондового анализа (таблица 5.2.11) и рентгенофазового метода. Характеризуется переменчивым химическим составом и относится к глиноземистому сепиолиту. Вероятно, является продуктом вторичных преобразований хлорита в условиях гипергенеза. Ранее минерал, в данном типе жил, на Липовке не описывался [49].

Таблица 5.2.11 – Химический состав (в мас.%) сепиолита из плагиоклазита, по нашим данным [49]

№	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO	MnO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	Сумма
1	-	28,19	11,22	42,54	0,03	0,52	0,25	0,08	0,26	-	83,08
2	0,03	26,78	8,41	48,10	0,05	0,68	0,24	0,05	0,46	-	84,79

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Тальк. На Липовке, в десилицированной жиле, впервые определен В.А. Поповым и А.А. Канонеровым [171] в 1996 году. По данным этих авторов, помимо антофиллитовой реакционной зоны, минерал наблюдается в зоне с турмалином, в ассоциации флогопита и хлорита. По данным автора диссертации, к выше перечисленной минеральной ассоциации можно добавить хризоберилл и плагиоклаз. Тальк также развит в трещиноватых зонах, между турмалин-хризоберилловыми сростками и плагиоклазитовым агрегатом, при этом описываемый минерал образует массивные скопления сложенные индивидами размер которых достигает 3 мм (по удлинению).

Клинохлор. Ранее, на данном объекте, был определен как минерал хлоритовых сланцев [151]. В десилицированной жиле хлорит впервые указывается В.А. Поповым и А.А. Канонеровым [171] в 1996 году. Позже, уже как клинохлор, упоминается в статье [163].

По нашим данным [49], клинохлор совместно с мусковитом и кальцитом образует мелкочешуйчатые скопления в интерстициях между зернами плагиоклаза, иногда слагает мономинеральные скопления. Местами количество хлорита достаточно велико, так как цвет плагиоклазита из белого становится зеленовато-серым. Химический состав минерала устойчивый и приведен в таблице 5.2.12. Анализы хорошо пересчитываются на формулу железисто-глиноземистого клинохлора и содержат в пределах 10-15% минала шамозита и 10-12% минала донбассита. Вполне вероятно, что агрегат хлорита и мусковита является вторичным и, возможно, образовался по скоплениям более раннего флогопита, который в свою очередь широко развит во вмещающих породах и, по-видимому вполне мог встречаться в плагиоклазитовых блоках [49].

Таблица 5.2.12 – Химический состав (в мас.%) хлорита из плагиоклазита, по [49]

№	SiO ₂	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
1	28,30	0,06	-	23,67	7,82	0,09	25,24	0,01	0,01	0,01	85,22
2	28,01	0,08	0,01	23,43	7,87	-	25,15	0,02	-	-	84,58
3	28,23	-	0,01	24,34	8,28	-	24,88	0,01	0,02	0,01	85,77
4	28,67	-	-	23,25	6,67	0,06	26,49	-	-	-	85,15

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Хотя не исключено, что подобные агрегаты хлорита и мусковита могли заместить матрицу кордиерита, который также встречается в плагиоклазитах. Так псевдоморфозы по кордиериту и андалузиту с таким минеральным составом описывались В.И. Поповой с соавторами [177], в гранитных пегматитах Алабашского жильного поля [49].

Анортит. Обнаружен нами [88] в пегматитах Липовского жильного поля впервые. По данным микронзондового анализа (таблица 5.2.13) основная часть плагиоклаза является

анортитом (примесь альбитового минала в минерале варьирует в пределах 5-8%), в редких случаях отмечается андезин. В любом случае, в блоках значительно преобладает чисто кальциевый аналог плагиоклаза и изученные породы следует называть анортититы [49]. При этом ранее считалось, что в блоках встречается только андезин состава $An_{40}Ab_{60}$ [163, 171].

По нашим данным [88], состав плагиоклаза в жиле достаточно сильно варьирует от андезина до анортита, причем без переходных разностей. Взаимоотношения между двумя плагиоклазами достаточно сложно определить, так как их агрегаты не отличаются по цвету, но по данным микронзондового сканирования они развиты пятнами. Можно только предположить, что анортит, как специфичный метаморфогенный минерал, является более поздним и замещает агрегаты андезина [88].

Таблица 5.2.13 – Химический состав (в мас.%) анортита из плагиоклазитов, по [49]

№	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
1	43,96	34,68	-	0,06	0,02	19,33	0,63	-	98,68
2	44,08	34,76	-	0,01	0,02	19,36	0,60	-	98,82
3	44,40	34,17	0,01	-	-	19,02	0,85	0,01	98,47
4	44,31	34,79	0,04	0,04	0,02	19,34	0,64	0,02	99,19
5	44,56	34,49	0,02	0,02	-	19,05	0,72	0,01	98,88
6	44,79	34,11	0,06	0,04	0,07	18,97	0,91	-	98,94

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Самеса SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Автором анортит подтвержден так же с помощью метода рентгенофазового анализа (обр.14л/10), при этом минерал слагает центральную плагиоклазитовую зону десилицированных тел и ассоциирует с черным турмалином, хризобериллом и хлоритом. Так, к примеру, на Урале подобный анортит был встречен А.В. Козловым с соавторами, в амфиболовых меланократовых габбро Серебрянского Камня [115].

Андезин. В десилицированной жиле этого объекта впервые определен В.А. Поповым и А.А. Канонеровым [171] в 1996 году. В кальцит-андезиновый агрегат вырастают хризоберилл, апатит, ниоботанталаты, Ве-содержащий кордиерит [163]. Этот же кальцит-андезиновый агрегат по [171] слагает центральную зону жильного тела. Помимо вышеперечисленных минералов здесь встречается и фенакит [171].

По нашим данным [49], андезин встречается довольно редко и содержит до 33-35% анортитового минала. Минерал встречается исключительно на контакте плагиоклазовой матрицы со слюдисто-хлоритовым агрегатом [49]. Химический состав андезина приведен в таблице 5.2.14.

Таблица 5.2.14 – Химический состав (в мас.%) андезина из плагиоклазитов

№	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
1	59,70	24,65	-	-	-	6,55	7,98	0,02	98,91
2	59,38	24,92	-	-	-	6,84	7,86	0,03	99,02

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Альбит. Установлен автором диссертации с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM-6390LV фирмы Jeol. Минерал наблюдается еще реже, чем андезин и, как правило, образует сростки кристаллов (рисунок 5.2.15) расположенных в небольших полостях, видимо в основном приуроченных к трещинным зонам пегматита. Такие кристаллы в основном полупрозрачны с сероватым оттенком и имеют средний размер около 3-4 мм.

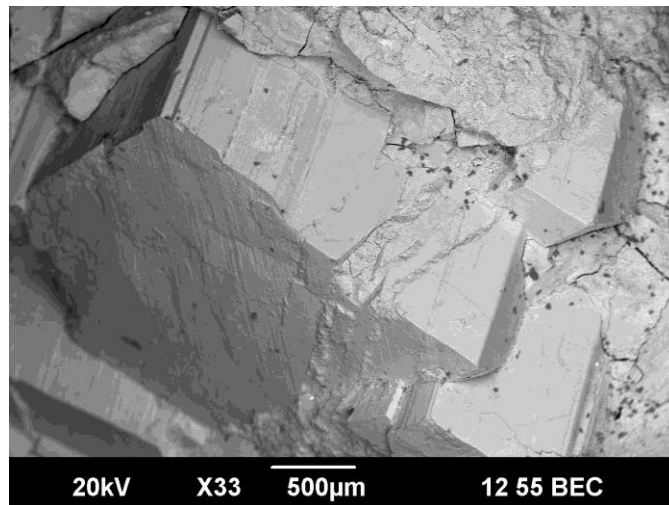


Рисунок 5.2.15 – Фото кристаллов альбита из плагиоклазитовой жилы Липовки (образец 10-3л/13); СЭМ JSM-6390LV фирмы Jeol с ЭДС-приставкой

Олигоклаз. Найден автором в виде небольших, до 50 мкм включений, в ассоциации с кальцитом, в ферроколумбите из анортитовой матрицы плагиоклазитовой жилы (рисунок 5.2.2). Видимо данный минерал представляет раннюю ассоциацию характерную для гранитного пегматита.

Кальцит. Ранее карбонат описывался А.В. Поповым и А.А. Канонеровым [171] как один из главных породообразующих минералов плагиоклазитов, кроме матрицы породы он также выполняет трещины и инкрустирует полости в виде скаленоэдров. Также кальцит, вместе с андезином, слагает мелкозернистые массивные гнезда белого цвета, участками содержащими обильную вкрапленность хризоберилла, ниоботанталатов, реже вросстки апатита и Ве-содержащего кордиерита [163, 171].

По нашим данным [49] полученным на микроанализаторе, кальцит слагает центральные зоны в интерстициях зерен плагиоклаза. В породе встречается часто и в объемном отношении занимает около 10-15%. По данным микронзондового анализа отличается химической чистотой,

содержит незначительные примеси магния (MgO 0,28-0,61 мас.%), железа (FeO 0,17-0,19 мас.%) и марганца (MnO до 0,08 мас.%) [49]. Образует небольшие (до 50 мкм) включения в ферроколумбите в ассоциации с олигоклазом (рисунок 5.2.2).

Монацит-(Ce). В плагиоклазитах данного объекта минерал найден автором диссертации совместно с Ю.В. Ерохиным впервые. Минерал слагает небольшие (до 50 мкм) изометричные зерна, встреченные в плагиоклазитовой зоне жильных тел [259]. Более полное описание и вариации химического состава Th-содержащего монацита-(Ce), сделанные с помощью микрозондового анализа, приведены в Главе 6.2 данной работы.

Фторапатит. По В.А. Попову и А.А. Канонеру [171], апатит отмечался в десилицированных увит-хризоберилловых телах, а именно в плагиоклазитовых участках слагающих центральную зону жилы (вскрытой карьером 4-5). Но никаких аналитических данных приведено не было. По данным автора диссертации, апатит серого цвета встречен в виде мелких короткопризматических кристаллов до 5 мм в длину. Минерал ассоциирует с черным турмалином и плагиоклазом (рисунок 5.2.16). Еще один кристалл апатита светло-серого цвета, такого же облика, но меньшего размера (около 1,5x2мм) обнаружен в сростании с турмалином, в ассоциации с хризобериллом и фенакитом. По результатам микрозондового анализа (таблица 5.2.15) фосфат относится к фторапатиту. При этом в описываемом минерале из плагиоклазитов, по сравнению с апатитом из лепидолит-альбитовых пегматитов, наблюдаются более повышенные содержания хлора (до 1,34 мас.%) и пониженные MnO (не более 0,02 мас.%).

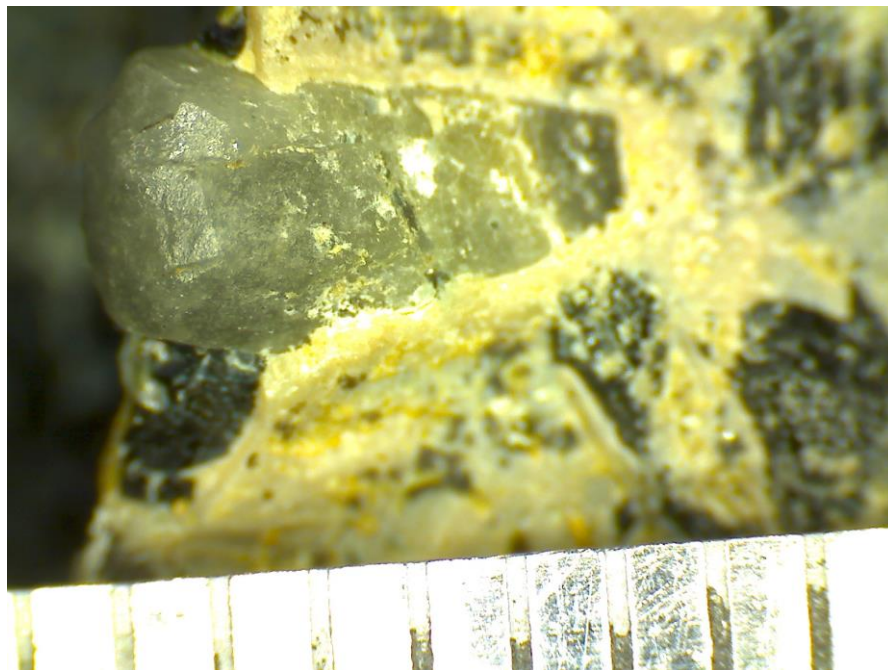


Рисунок 5.2.16 – Фото фторапатита из плагиоклазитовой жилы Липовки (фотография сделана под бинкулярным микроскопом, поле зрения 9мм)

Таблица 5.2.15 - Химический состав (в мас.%) фторапатита (образец № 21л/13) из лагиоклазитов Липовки

№	SO ₃	P ₂ O ₅	MnO	CaO	Na ₂ O	F	Cl	-O≡F ₂	-O≡Cl ₂	Сумма
1	0,00	41,77	0,02	55,38	0,00	2,13	1,34	-0,89	-0,30	99,45
2	0,01	40,58	0,00	54,88	0,01	1,96	1,29	-0,83	-0,29	97,60
3	0,03	42,06	0,00	55,65	0,01	1,89	1,28	-0,80	-0,29	99,82
4	0,01	41,61	0,02	55,49	0,04	1,84	1,23	-0,77	-0,28	99,19
5	0,00	42,25	0,00	56,01	0,00	2,36	0,75	-0,99	-0,17	100,21
6	0,05	42,58	0,00	55,87	0,04	1,57	1,15	-0,66	-0,26	100,34
7	0,06	40,14	0,00	53,78	0,04	3,05	0,21	-1,28	-0,05	95,93

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе Сатеса SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

Барит. Ранее, в пределах Липовского жильного поля, данный минерал не описывался. По нашим данным [45, 49], барит образует скопления, в агрегате слюды и хлорита, размером до 200-250 мкм (рисунок 5.2.17), которые встречаются в плагиоклазитовой матрице преимущественно анортитового состава.

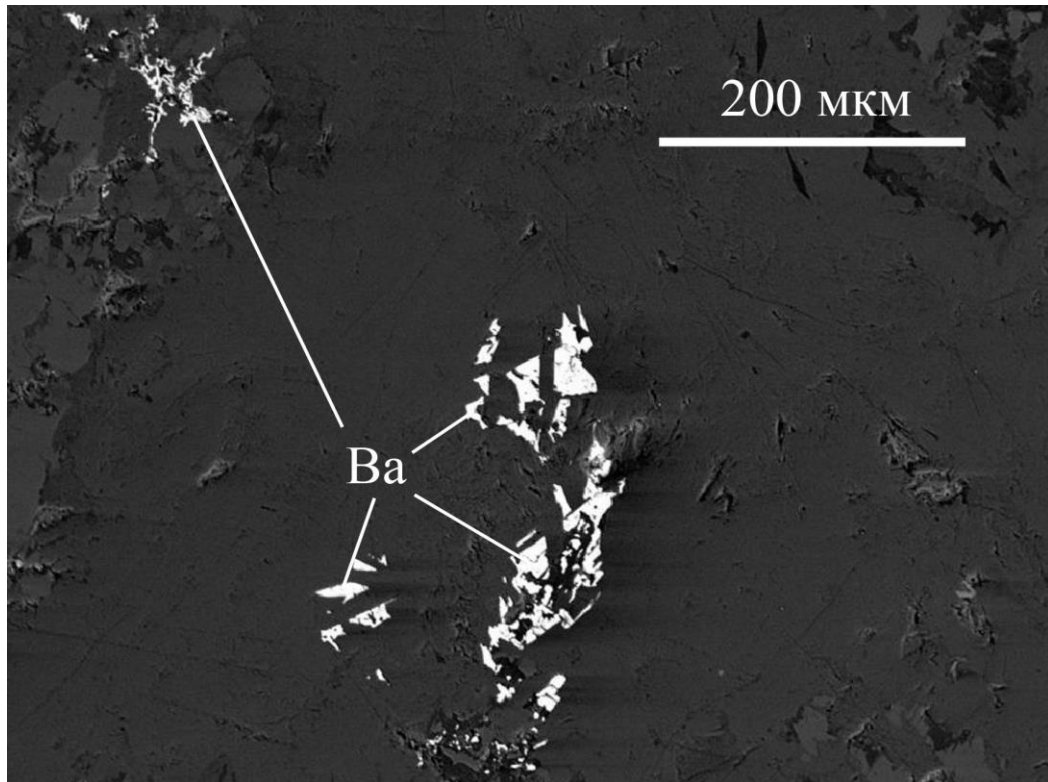


Рисунок 5.2.17 – Скопления барита (Ba) в породе; BSE-изображение, Сатеса SX 100

По данным микрозондового анализа (таблица 5.2.16) минерал практически не содержит примесей, отмечается только небольшое количество стронция (SrO до 2,4 мас.%). Источником бария для формирования сульфата, судя по всему, послужили калиевые полевые шпаты исходного гранитного пегматита [49].

Таблица 5.2.16 – Химический состав (в мас.%) барита из плагиоклазита, по нашим данным [45]

№	SO ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	BaO	SrO	CaO	MnO	Сумма
1	34,55	0,03	0,05	-	64,47	1,26	0,03	-	100,39
2	35,11	0,06	0,06	-	63,02	2,37	0,03	0,01	100,66
3	34,61	0,08	0,09	0,02	64,91	0,72	0,05	0,07	100,55
4	34,67	0,08	0,05	-	64,28	1,30	0,02	0,01	100,41

Примечание - Анализы сделаны на Cameca SX 100 (аналитик В.В. Хиллер).

5.3 Минералогия редкометалльных литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов

В лепидолит-альбитовых пегматитах Липовского жильного поля разными исследователями, в том числе и диссертантом, в целом обнаружено порядка 49 минеральных видов. Эти породы в основном сложены: кварцем, микроклином и альбитом. Из второстепенных минералов присутствуют: спессартин, берилл, шерл, эльбаит, фтор-эльбаит, оленит, россманиит, биотит, мусковит, трилитионит, полилитионит и масутомилит.

Из акцессорных минералов присутствуют: золото, серебро, медь, свинец, рутил (танталовый), уранинит, касситерит, ганит, манганоколумбит, стибикоколумбит, манганотанталит, стибитотанталит, висмутотанталит, фторнатромикролит, фторкальциомикролит, плюмбомикролит, висмутомикролит, уранмикролит, циркон, топаз, дюмортьерит, кордиерит, сподумен, кукцит, стевенсит, ортоклаз, петалит, данбурит, поллуцит, гармотом, монацит, фторапатит, ксенотим и чералит. Кроме того, в этих телах присутствуют ряд гипергенных минералов – асболан и коронадит [163], а также каолинит, нонтронит [44] и монтмориллонит [142]. Необходимо также назвать минералы, развитые в реакционных зонах, на контакте данных пегматитов и серпентинитов. К ним относятся: тальк, антофиллит, флогопит, актинолит и клинохлор.

Возможно, в лепидолит-альбитовых пегматитах присутствуют не найденные автором, но упомянутые в отчете [142] у предыдущих исследователей минералы, найденные при минералогическом анализе протолок: сфалерит, пирит, молибденит, корунд, гематит, вернадит, магнетит, хромит, ильменит, ставролит, титанит, эпидот, алланит, родицит, бастнезит, висмутит, литиофиллит, гердерит, флюорит, кальцит, эшинит, оливин и опал.

В лепидолит-альбитовых пегматитах Липовского жильного поля автором с коллегами были дополнительно установлены 14 минеральных видов, а именно: золото, серебро, медь, свинец, рутил (танталовый), манганотанталит, фторнатромикролит, фторкальциомикролит, ортоклаз, фтор-эльбаит, полилитионит, стевенсит, монацит-(Ce), ксенотим-(Y). При этом девять из них (золото, серебро, медь, свинец, фторнатромикролит, фторкальциомикролит, фтор-эльбаит, полилитионит и стевенсит) являются новыми минералами для этого объекта.

Металлы группы золота (золото, серебро и медь). Самородные металлы в лепидолитовой «кипелке» были установлены нами [55] в виде рассеянной вкрапленности. Они образуют мелкие (до 20-25 мкм), округлые и неправильной формы включения в матрице слюды. В количественном отношении самородная медь, золото и серебро встречаются примерно одинаково. Кроме самородных металлов в силикатной матрице распылены циркон и различные танталониобаты. Никаких сростаний с другими акцессорными минералами и между собой металлы не образуют, при этом они отличаются высокой пробностью. Отсутствие в пегматитах минералов-концентраторов (сульфидов) объясняет мелкий размер и высокую рассеянность благородных металлов [55].

Золото. В этом типе пегматита данного объекта минерал найден нами [55] впервые. Ниже приводится фото самородного золота среди агрегата литиевой слюды (рисунок 5.3.1). Химический состав золота приведен в таблице 5.3.1. Оно характеризуется присутствием до 2 мас.% изоморфных компонентов. Самородное золото из лепидолитовой «кипелки» характеризуется большим содержанием примесей, в отличие от своего аналога из гранитных топаз-берилловых пегматитов [55].

В целом его состав схож (за исключением примеси меди) с аналогом из месторождения Мининско-Большевицкой зоны на Таймыре [180].

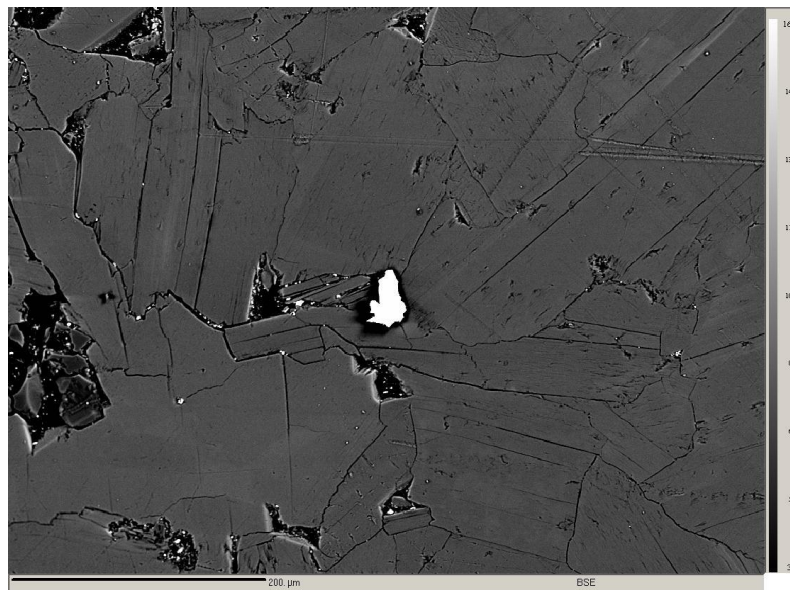


Рисунок 5.3.1 – Включение самородного золота в лепидолите; BSE-фото, Cameca SX 100

Таблица 5.3.1 – Химический состав (в мас.%) золота из лепидолита, по нашим данным [55]

Точки	Zn	Cu	Au	Ag	Hg	Сумма
1	-	0,50	98,91	1,24	-	100,65
2	-	0,51	98,53	1,14	-	100,18
3	-	0,46	98,17	1,05	-	99,68
4	-	0,56	97,16	0,95	-	98,67
5	-	0,57	97,58	0,93	-	99,08

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Серебро. Ранее для этого типа пегматитов данного объекта не упоминалось. Обнаружено нами [55] с помощью электронно-зондового микроанализа. Ниже приводится фото самородного серебра, среди агрегата литиевой слюды (рисунок 5.3.2). Химический состав серебра приведен в таблице 5.3.2. Металл практически не содержит примесей [55].

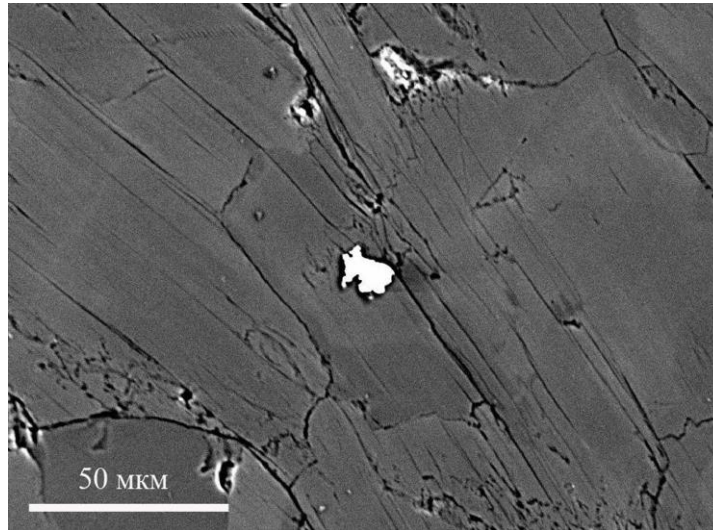


Рисунок 5.3.2 – Включение самородного серебра в лепидолите; BSE-фото, Cameca SX 100

Таблица 5.3.2 – Химический состав (в мас.%) серебра из лепидолита, по [55]

Точки	Zn	Cu	Au	Ag	Hg	Сумма
1	-	0,02	-	100,01	-	100,03
2	-	0,04	0,09	98,86	0,12	99,11
3	-	-	-	100,43	-	100,50
4	0,09	0,02	-	99,06	0,16	99,33
5	-	-	0,04	99,72	-	99,76

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Медь. На данном объекте в этом типе пегматитов минерал найден нами впервые. Химический состав меди приведен в таблице 5.3.3. Металл практически не содержит примесей [55].

Таблица 5.3.3 – Химический состав (в мас.%) меди из лепидолита, по нашим данным [55]

Точки	Zn	Cu	Au	Ag	Hg	Сумма
1	-	98,96	-	0,08	0,02	99,07
2	0,03	98,04	-	-	0,09	98,16
3	0,04	99,19	0,01	0,05	0,20	99,49
4	-	98,78	0,04	-	-	98,82

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Свинец. Ранее на этом объекте не был описан. Свинец обнаружен нами [94] с помощью электронно-зондового микроанализа, он ассоциирует с микроклином, альбитом, лепидолитом, кварцем, черным и розовым турмалином (обр. 12л/10). Кроме того, свинец наблюдается в виде мелких (не более 10 мкм) включений в сильно измененном метамиктном цирконе, где ассоциирует с обильной вкрапленностью уранинита. Химический состав включений

следующий (в мас.%): Pb 70,15; Sn 29,14; Сумма 99,29 [94]. Появление свинца, в подобных литиевых пегматитах другого объекта, ранее уже было отмечено А.И. Гинзбургом [30]. В своей работе он отнес этот свинец к радиогенному и типичному для всех U-содержащих минералов.

Кварц. Основной породообразующий минерал литиеносных пегматитов. Образует блоковую (центральную) зону пегматитового тела [44, 163]. По данным автора диссертации, кварц встречается, чаще всего, в виде бесформенных блочных агрегатов и зерен, реже кристаллов с характерными следами растворения. Цвет минерала обычно серый, реже бесцветный. Наибольший размер его индивидов достигает 15 см. Местами попадаются его перекристаллизованные, неправильной формы скопления, расположенные в полевошпатовом агрегате. Кварц нередко ассоциирует с эльбаитом, бесцветным бериллом, лепидолитом, альбитом, микроклином и другими минералами.

Танталовый рутил. В лепидолит-альбитовых пегматитах Липовского жильного поля обнаружен автором совместно с Ю.В. Ерохиным впервые. Микронзондовым методом было сделано 6 точек анализов минерала (таблица 5.3.4) и только четвертый анализ показал присутствие ниобиевого рутила (ильменорутила), его аналог был обнаружен и описан нами ранее в гранитных топаз-берилловых пегматитах данного объекта. Из примесей, в незначительных количествах, отмечаются: MnO, SnO₂ и WO₃. Таким образом, в данных пегматитах, видимо преобладает танталовая разновидность рутила, в отличие от гранитных пегматитов и плагиоклазитов.

Таблица 5.3.4 – Химический состав (в мас.%) танталового и ниобиевого рутила

№	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	FeO	MnO	UO ₂	TiO ₂	SnO ₂	WO ₃	CaO	Сумма
1	8,55	6,49	3,83	0,09	0,00	76,59	2,35	0,85	0,02	98,77
2	8,69	7,86	3,90	0,13	0,00	73,77	2,87	0,80	0,02	98,04
3	7,49	7,33	3,74	0,07	0,00	76,57	2,38	0,63	0,02	98,25
4	6,59	9,68	4,06	0,05	0,00	73,60	2,89	0,65	0,05	97,57
5	8,05	7,64	3,71	0,09	0,00	75,24	2,68	0,68	0,03	98,11
6	8,25	7,44	3,77	0,14	0,03	75,21	2,45	0,72	0,01	98,01

Примечание - анализы: 1-3, 5 и 6 – танталовый рутил; анализ 4 – ниобиевого рутила.

ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Уранинит. На данном объекте обнаружен [142], в жилах содержащих литиевую минерализацию, по данным минералогического анализа протолочек. При этом в отчете ни описания, ни химических анализов минерала не приводилось.

По нашим данным [97], уранинит в литиеносных пегматитах слагает мелкие (до 5-10 мкм) включения неправильной формы, которые равномерно распределены по всей матрице аксессуарного циркона. Сам циркон метамиктный, так как сумма его анализов не превышает 70% и он содержит много примесей. По данным микронзондового анализа (таблица 5.3.5) минерал уверенно определяется как уранинит и характеризуется высокими содержаниями тория

(ThO₂ до 4,4 мас.%), свинца (PbO до 3,1 мас.%) и иттрия (Y₂O₃ до 0,4 мас.%). Кроме того, наблюдаются повышенные примеси циркония и кремния, что связано с влиянием окружающей матрицы циркона. Сумма анализов обычно не превышает 94-97%, что позволяет говорить о возможном присутствии в минерале шестивалентного урана и воды [97].

Таблица 5.3.5 – Состав уранинита (в мас.%) из лепидолит-альбитовых пегматитов, по [97]

Эл-ты	1	2	3	4	5	6
ThO ₂	4,41	4,33	4,34	4,26	4,17	4,03
UO ₂	82,58	88,64	88,01	86,26	84,74	80,95
SiO ₂	1,83	0,25	0,60	1,25	1,99	3,36
ZrO ₂	1,64	0,33	0,46	1,26	1,97	3,64
Y ₂ O ₃	0,31	0,12	0,21	0,23	0,34	0,44
Ce ₂ O ₃	-	0,20	-	0,10	-	0,03
PbO	2,81	3,07	3,03	2,97	2,77	2,65
Сумма	93,61	96,95	96,65	96,33	95,98	95,11

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Касситерит. На данном объекте обнаружен в лепидолит-альбитовых жилах при минералогическом анализе протолок [142], при этом в отчете ни описания, ни химических анализов минерала не приводилось. Нами касситерит обнаружен с помощью микрозондового анализа, в блоковой зоне жилы Хитнича. Размер ксеноморфных выделений минерала достигает 30 мкм (рисунок 5.3.3). В ассоциации с касситеритом отмечаются максимальный микроклин, зеленый и черный турмалин, слюда серебристого цвета, манганоколумбит и альбит, при этом последний минерал развит в основном по поздним трещинкам.

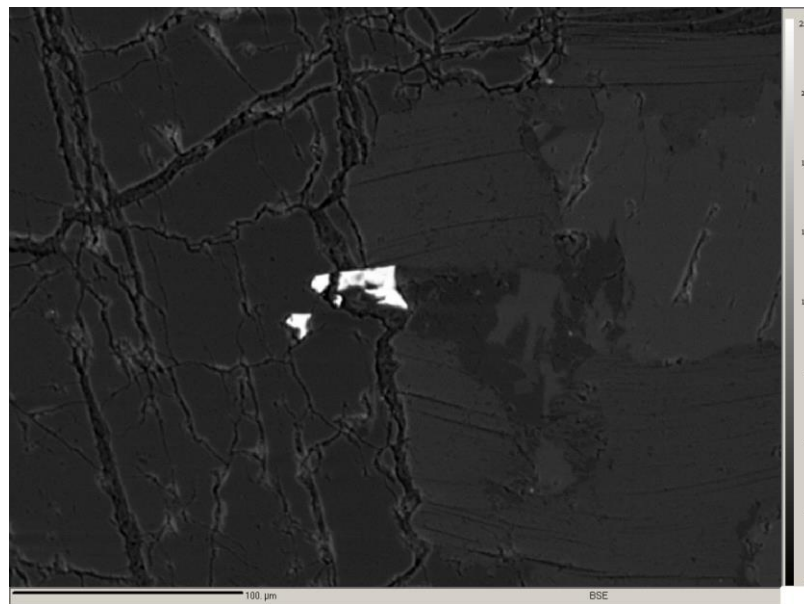


Рисунок 5.3.3 – Индивиды касситерита в калишпатовой матрице; снимок BSE, Cameca SX 100

Из примесей в минерале отмечаются (в мас.%): Ta₂O₅ до 1,33, TiO₂ до 1,14, Nb₂O₅ до 0,50, FeO до 0,47, CaO до 0,75, WO₃ до 0,15 (таблица 5.3.6).

Таблица 5.3.6 – Химический состав (в мас.%) касситерита из лепидолит-альбитовых пегматитов

№	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	FeO	MnO	TiO ₂	SnO ₂	WO ₃	CaO	Na ₂ O	Сумма
1	1,33	0,50	0,47	0,00	1,14	93,97	0,15	0,69	0,00	98,25
2	0,45	0,07	0,14	0,02	0,63	95,76	0,00	0,75	0,02	97,85

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Ганит. Впервые на данном объекте обнаружен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] в Михеевской жиле. По их данным минерал наблюдается в ассоциации с кварцем, альбитом-клевеландитом, микроклином, мусковитом, лепидолитом, полихромным турмалином, бериллом, спессартином, ниоботанталатами.

Асболан. Впервые на данном объекте установлен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], как типичный гипергенный минерал, развитый по трещинам. По их данным в составах асболанов отобранных из разных литиеносных жил наблюдаются вариации по Co и Ni.

Диссертант совместно с Ю.В. Ерохиным также диагностировал стально-серого цвета примазки и натечные почковидные агрегаты асболана (рисунок 5.3.4), из «лепидолитовой кипелки» жилы Сибирячка.

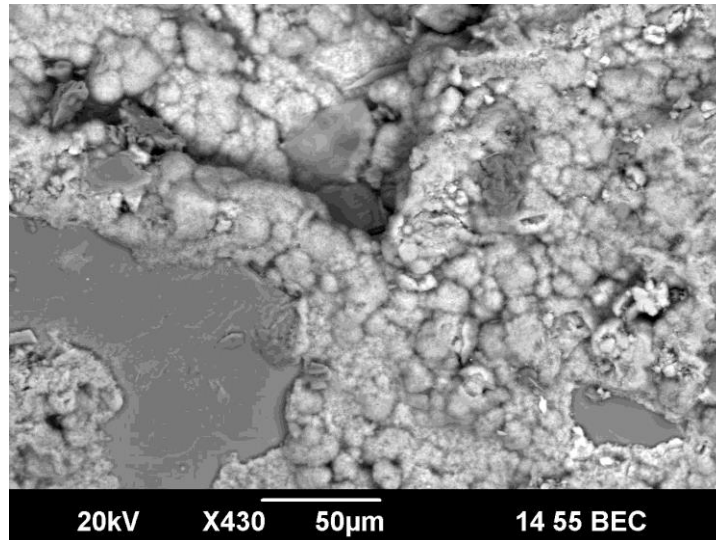


Рисунок 5.3.4 – Натечные агрегаты асболана; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

На ЭДС-приставке растрового электронного микроскопа сделано два анализа химического состава этого минерала (таблица 5.3.7).

Таблица 5.3.7 – Химический состав (в мас.%) асболана из лепидолит-альбитовых пегматитов

№	SiO ₂	Al ₂ O ₃	NiO	CoO	FeO	MnO	CaO	K ₂ O	Сумма
1	2,44	7,03	19,50	17,50	4,75	46,66	2,54	0,00	100
2	9,00	8,70	17,10	14,67	5,33	41,93	2,21	1,10	100

Примечание - Анализы сделаны на СЭМ JSM-6390LV фирмы Jeol с ЭДС-приставкой.

Коронадит. Впервые на данном объекте установлен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163]. По их данным минерал найден в Михеевской жиле, где и образует в трещинах мелкие (менее 1 мм), черные обособления неправильной формы, тонкие корочки и пленки.

Манганоколумбит. В пределах данного объекта найден и описан Э.М. Бондштедтом в 1925 году [14]. Минерал представляет собой кристаллы черного цвета, размером до 4 мм и наблюдается в ассоциации с голубоватым плагиоклазом, кварцем, лепидолитом, турмалином, розовым воробьевитом и голубым апатитом. Удивительно, что минерал был определен Э.М. Бондштедтом лишь на основании отношения его осей, удельному весу и по значительному содержанию марганца (на основании реакции с содой).

По И.В. Пекову и Л.Р. Меметовой [163] это минерал, образующий изометричные кристаллики размером до 1 мм, ассоциирует с лепидолитом и эльбаитом. Также встречен в виде длиннопризматических кристаллов размером до 5 мм в ассоциации с эльбаитом, лепидолитом, масутомилитом и стибитотанталитом. Таким образом, манганоколумбит в пегматитах Липовки характерен для поздних парагенезисов, с цветным турмалином и литиевыми слюдами [163]. Данные микронзондового анализа по их данным приведены в таблице 5.3.8.

Таблица 5.3.8 – Химический состав (в мас.%) манганоколумбита, по [163]

№	MnO	FeO	TiO ₂	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	WO ₃	Сумма
1	18.19	0.78	0.20	53.30	26.58	-	99.05
2	11.10	6.98	0.24	52.97	26.78	2.45	100.52

Примечание - анализ 1 – манганоколумбит из Шерловой копи (коллекция Минералогического музея им. А.Е. Ферсмана РАН); анализ 2 – из Михеевской жилы (карьер № 6).

Автором совместно с Ю.В. Ерохиным также был найден и изучен данный минерал. Манганоколумбит был встречен в виде длиннопризматических кристаллов размером до 1,5 мм (по удлинению), в крупно- до гигантозернистых полевошпатовых выделениях лепидолит-альбитовых пегматитов (рисунки 5.3.5 и 5.3.6). Минерал найден в ассоциации с максимальным микроклином, зеленым и черным турмалином, слюдой серебристого цвета, самородным оловом и альбитом, при этом последний минерал развит в основном по трещинам (образец 27л/13).

Также манганоколумбит был встречен в виде включений в бесцветном берилле (таблица 5.3.9, анализы 1-8). По нашим данным наблюдаются значительные вариации химического состава манганоколумбита (таблица 5.3.9). Так можно выделить низко танталовый тип (точки анализов 9-16) и высокотанталовый тип (точки анализов 1-8).

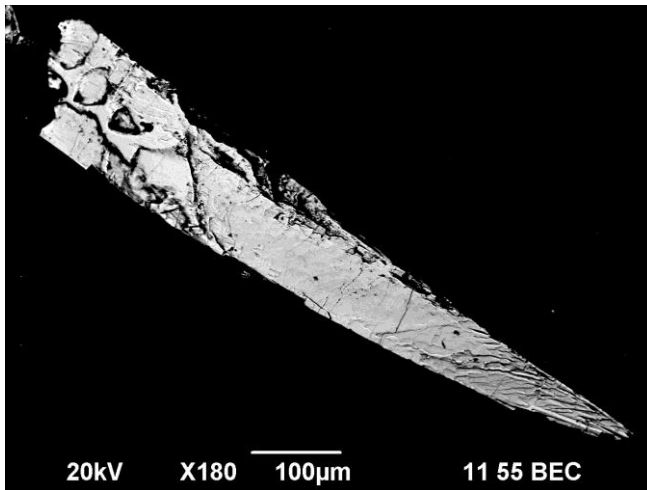


Рисунок 5.3.5 – Кристалл манганоколумбита в полевошпатовой матрице; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

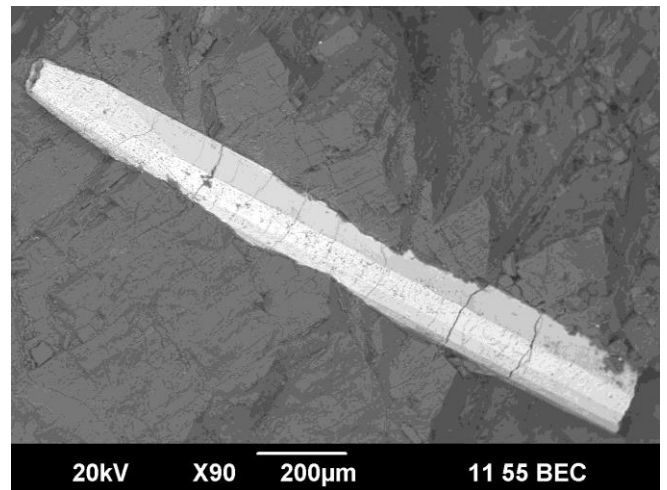


Рисунок 5.3.6 – Кристалл манганоколумбита (с видимыми гранями призмы) в альбите; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

Таблица 5.3.9 - Химический состав (в мас.%) манганоколумбита, по данным автора

№	WO ₃	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	UO ₂	TiO ₂	SnO ₂	FeO	MnO	CaO	Na ₂ O	Сумма
1	5,78	33,48	39,27	1,05	3,84	0,40	1,32	15,19	0,01	0,00	100,36
2	5,57	32,49	36,11	3,16	6,06	0,42	1,49	14,25	0,00	0,00	99,55
3	5,23	34,50	36,22	2,20	5,23	0,33	1,38	14,69	0,01	0,00	99,78
4	5,83	32,80	39,25	1,09	4,06	0,39	1,63	14,83	0,02	0,00	99,89
5	5,73	37,24	36,19	0,99	4,23	0,18	0,02	15,91	0,01	0,00	100,51
6	6,41	32,51	38,16	1,20	4,33	0,44	1,72	14,84	0,01	0,00	99,62
7	6,78	32,64	38,29	1,16	4,50	0,48	1,80	14,57	0,03	0,00	100,25
8	6,44	32,70	39,04	1,09	4,53	0,40	1,69	14,27	0,03	0,00	100,17
9	3,01	15,50	58,42	0,40	3,47	0,33	4,67	13,83	0,03	0,00	99,66
10	2,82	15,58	59,84	0,40	2,82	0,17	4,97	13,90	0,02	0,00	100,52
11	3,25	16,70	57,70	0,34	3,13	0,35	4,02	14,45	0,02	0,00	99,96
12	3,26	18,48	55,39	0,67	3,11	0,33	4,77	13,58	0,02	0,00	99,60
13	4,66	24,30	50,39	0,38	2,76	0,25	1,32	16,26	0,01	0,00	100,32
14	4,02	20,63	54,20	0,36	2,68	0,32	2,34	15,26	0,06	0,01	99,88
15	3,85	20,91	54,57	0,36	2,39	0,19	1,80	16,06	0,00	0,00	100,14
16	3,27	17,90	56,36	0,09	3,33	0,32	9,25	9,50	0,00	0,00	100,02

Примечание - микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер. Анализы 1-8 – включения манганоколумбита в берилле; анализы 9-16 – манганоколумбит в ассоциации с микроклином и др.

В целом, манганоколумбит является обычным минералом, который в основном встречается в гранитах и пегматитах, реже в других породах. Так по данным В.И. Алексева и Ю.Б. Марина [4], минерал встречается в онгонитах, альбититах и грейзенах месторождения Кестёр.

Стибиоколумбит. Установлен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], в образце из Михеевской жилы, в составе полиминерального сростка тантало-ниобатов представленного манганоколумбитом и преобладающих по объему членов изоморфной системы

стибиоколумбит-стибиотанталит-висмутотанталит. С тантало-ниобатами здесь тесно сростается чералит, а другие минералы представлены кварцем, мусковитом, альбитом, лепидолитом, масутомитом, эльбаитом, оленитом, микролитом [163].

Манганотанталит. В последней минералогической сводке [163] манганотанталит описывается как минерал десилицированных пегматитов. В лепидолит-альбитовых пегматитах данного объекта минерал найден нами впервые. Так нами [46] были изучены образцы из жилы Сибирячка расположенной в карьере № 6. В данной жиле из аксессуарных минералов отмечаются относительно крупные индивиды фторапатита, голубого топаза, манганотанталита, циркона и зеленовато-розового турмалина (эльбаита и россманиа). Кроме того, манганотанталит содержит поздние прожилки и скопления бисмутотанталита (рисунок 5.3.7) и слагает плохо образованные индивиды, размером до 5 мм, среди агрегата лепидолита [46].

Индивиды сильно уплощены и характеризуются светло-коричневой окраской. Зерна полупрозрачны и обладают жирным блеском. Встречаются и кристаллы манганотанталита с огранкой, в ассоциации с кварцем и мусковитом с фиолетовой каймой (рисунки 5.3.8-5.3.13), а также их сростки в ассоциации с лепидолитом и кварцем (рисунок 5.3.11) [46].

Так же обломок кристалла манганотанталита был нами встречен в виде включения в лепидолите из жилы Сибирячка. Лепидолит отобран из блоковой зоны пегматита и ассоциирует с полевым шпатом (крупнозернистый до гигантозернистого) и альбитом.

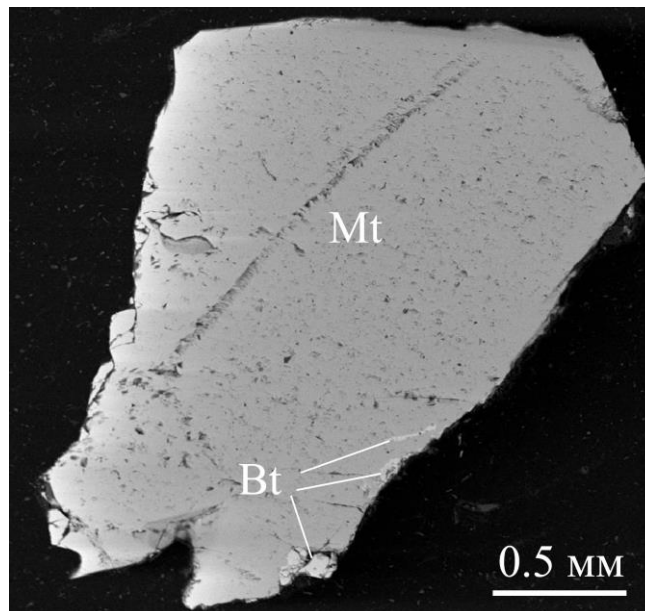


Рисунок 5.3.7 – Индивид манганотанталита (Mt) с вторичными прожилками и скоплениями бисмутотанталита (Bt); снимок BSE, Cameca SX 100

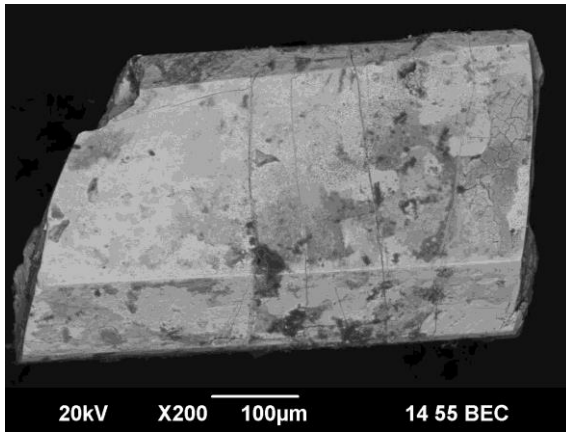


Рисунок 5.3.8 – Кристалл манганотанталита;
BSE-фото, СЭМ JSM-6390LV

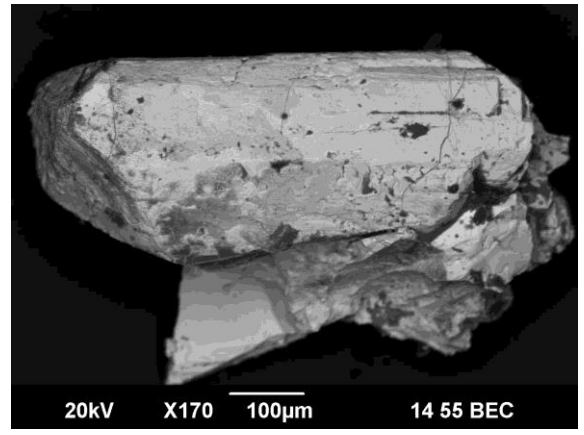


Рисунок 5.3.9 – Кристалл манганотанталита;
BSE-фото, СЭМ JSM-6390LV

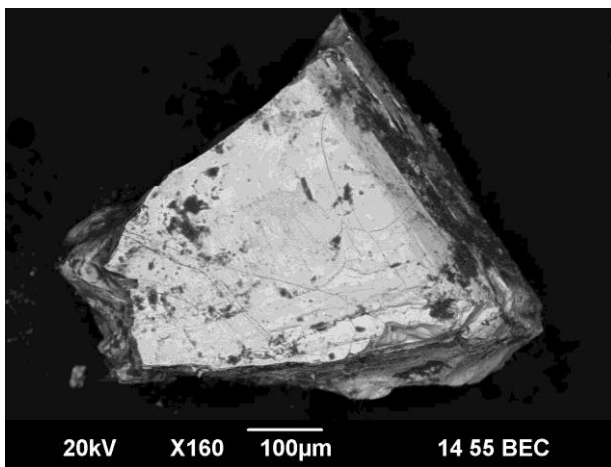


Рисунок 5.3.10 – Кристалл манганотанталита;
BSE-фото, СЭМ JSM-6390LV

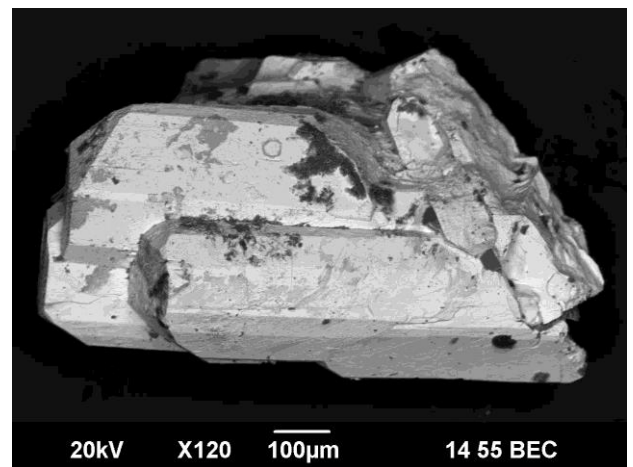


Рисунок 5.3.11 – Сросток кристаллов
манганотанталита; BSE-фото, СЭМ JSM-6390LV

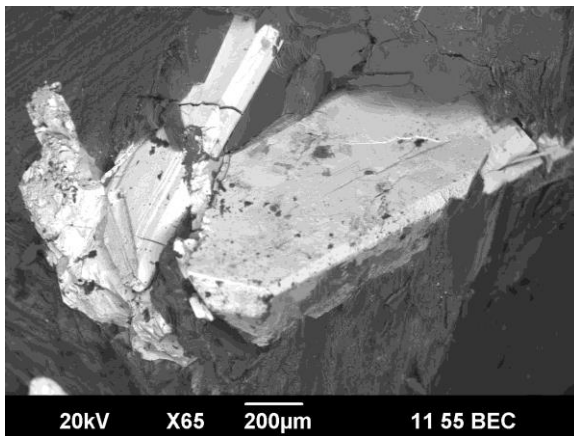


Рисунок 5.3.12 – Сросток кристаллов манганотанталита;
BSE-фото, СЭМ JSM-6390LV

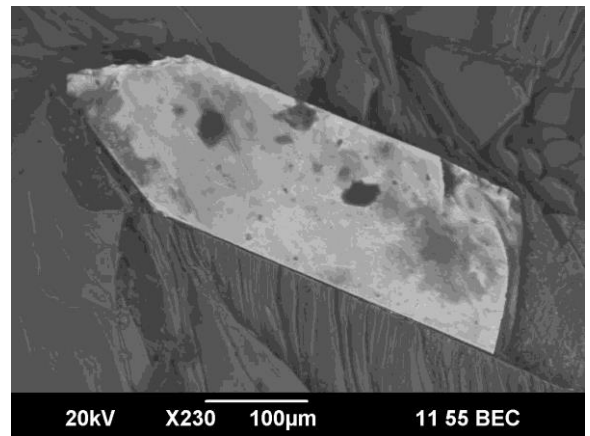


Рисунок 5.3.13 – Кристалл манганотанталита
в лепидолите; BSE-фото, СЭМ JSM-6390LV

Визуально минерал напоминает монацит, но изучение его химического состава с помощью микрозонда показало, что это танталониобат. По полученным нами данным [46] микрозондового анализа (таблица 5.3.10), минерал отличается устойчивым составом и уверенно определяется как манганотанталит. Причем он предельно марганцовистый и не содержит

каких-либо значимых примесей железа, магния или свинца. Количество ниобия в минерале варьирует от 5,8 до 10,5 мас.% Nb₂O₅, что соответствует 10-20 % минала манганоколумбита. Интересно, что количество ниобия возрастает к краевым зонам индивида. Из других примесей в манганотанталите отмечаются титан (TiO₂ до 0,5 мас.%) и вольфрам (WO₃ до 1,1 мас.%) [46].

Таблица 5.3.10 – Химический состав (в мас. %) манганотанталита из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки, по нашим данным [46]

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
WO ₃	0,58	0,46	0,61	0,36	-	1,14	0,35	0,34	0,23	0,34
Ta ₂ O ₅	76,01	76,44	73,37	74,10	79,00	72,38	73,30	74,28	75,63	74,51
Nb ₂ O ₅	7,92	8,52	10,50	9,75	5,75	10,53	10,00	9,73	8,77	9,48
TiO ₂	0,29	0,29	0,33	0,41	0,23	0,40	0,47	0,39	0,42	0,45
UO ₂	-	-	-	0,04	-	0,05	0,03	0,03	0,06	-
SnO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MnO	14,62	14,53	14,73	14,67	14,42	14,93	14,65	14,77	14,70	14,68
FeO	-	-	-	0,01	-	-	0,02	-	-	-
MgO	0,01	-	0,01	-	0,01	-	0,01	-	-	-
PbO	0,01	0,05	-	-	-	0,02	0,07	0,05	0,09	0,04
Сумма	99,43	100,28	99,56	99,33	99,42	99,45	98,90	99,58	99,90	99,50

Примечание - Выборка из 12 точек анализов. Анализы сделаны на Cameca SX 100 (ИГГ УрО РАН, аналитик В.В. Хиллер).

Манганотанталит является обычным минералом гранитных пегматитов и на Урале, по данным [135], установлен А.Е. Арцруни, в Кочкарских россыпях, еще в 1887 году. Он широко распространен в жилах Алабашского поля [177], в амазонитовых пегматитах Ильменских гор [169], а также в онгонитах, альбититах и грейзенах месторождения Кестёр [5]. Также минерал был описан И.С. Перетяжко с соавторами [248] в миароловых пегматитах Малханского месторождения турмалина.

Стибиотанталит. Установлен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], в Михеевской и Шерловой копиях. По их данным в Шерловой копии он слагает крупные кубовидные кристаллы или зерна, размером до 0,5 см, часто содержит вросстки бисмутотанталита. Цвет минерала серо-коричневый, коричневато-серый, до черного. Стибиотанталит ассоциирует с альбитом-клевеландитом, лепидолитом и рубеллитом. В Михеевской жиле стибиотанталит входит в состав сложных сростков и агрегатов танталониобатов, в парагенезисе со стибиоколумбитом.

Нами [77] стибиотанталит определен в зернах микролита, где слагает округлые и овальные зерна, размером до 40-50 мкм. В режиме обратно-отраженных электронов они достаточно хорошо проявлены на фоне основной матрицы микролита. По данным микрозондового анализа (таблица 5.3.11, анализы 1-4) зерна отличаются устойчивым составом и уверенно определяются как стибиотанталит. Количество ниобия в танталониобате не превышает 1,4 мас.% Nb₂O₅, 1,6 мас.% TiO₂ и 0,7 мас.% Вi₂O₃. Больше никаких других

примесей в минерале не отмечается. Если сравнивать химический состав нашего стибьотанталита с прежним анализом танталониобата с Липовки (таблица 5.3.11, анализ 5), то он резко отличается от своего аналога из Шерловой копи [163] и очень близок к теоретическому составу (таблица 5.3.11, анализ 6) [77].

Таблица 5.3.11 – Химический состав (в мас.%) стибьотанталита из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки, по нашим данным [77]

№	1	2	3	4	5	6
Ta ₂ O ₅	55,91	55,94	57,08	49,98	47,59	60,25
Nb ₂ O ₅	0,75	0,71	0,85	1,40	6,60	-
TiO ₂	0,02	0,03	-	1,60	-	-
ThO ₂	0,03	0,06	-	-	-	-
Bi ₂ O ₃	0,66	0,12	0,40	0,20	18,63	-
Sb ₂ O ₃	35,32	40,43	37,91	41,77	25,98	39,75
MnO	0,01	0,06	0,14	-	-	-
FeO	0,15	0,06	0,71	-	-	-
Na ₂ O	0,14	0,01	0,03	0,01	-	-
Сумма	92,98	97,42	97,13	94,95	98,80	100,00

Примечание - Анализы 1-4 – наши данные, анализ 5 – из литиеносного пегматита Шерловой копи (Пеков, Меметова, 2008), анализ 6 – теоретический состав.

В целом, стибьотанталит является обычным минералом редкометалльных гранитных пегматитов [230 и др.], а на Урале он описывался в пегматитах Ильменских гор [167, 169] и упоминался также другими авторами в пегматитах Светлинского жильного поля.

Бисмутотанталит. Ранее бисмутотанталит был установлен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] в пегматитах из Михеевской жилы и Шерловой копи. Минерал образует вросстки, размером до 0,5 мм, в крупных кристаллах стибьотанталита, а также самостоятельные индивиды и их сростки до 4 мм. Чаще всего они вырастают в сероватый кварц, иногда в масутомилит и тесно ассоциируют с микроклином, альбитом, мусковитом и эльбаитом [163].

Автором совместно с Ю.В. Ерохиным [81], бисмутотанталит встречен в виде включений в двух танталониобатах – микролите и манганотанталите:

1. В микролите он слагает явно вторичные прожилки мощностью не более 20-25 мкм. По данным микронзондового анализа (таблица 5.3.12, анализы 1-6) минерал отличается устойчивым составом и уверенно определяется как бисмутотанталит. Количество ниобия в минерале не превышает 3,5 мас.% Nb₂O₅. Из других примесей в минерале отмечается существенное количество сурьмы (Sb₂O₃ до 14 мас.%). Если сравнивать состав нашего бисмутотанталита с другими анализами минерала из Липовки (таблица 5.3.12, анализы 7-10), то он очень близок к своему аналогу из Шерловой копи, но резко отличается от бисмутотанталита из Михеевской жилы [163] и ранее изученного образца из лепидолит-альбитовой жилы Сибирячка [46].

Таблица 5.3.12 – Химический состав (в мас.%) бисмутотанталита из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки, по нашим данным [81]

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ta ₂ O ₅	46,75	48,47	46,70	47,22	46,51	46,54	47,75	48,14	46,48	45,21
Nb ₂ O ₅	3,23	2,66	3,24	2,91	3,46	3,39	1,72	1,78	5,04	3,05
ThO ₂	-	0,01	0,01	0,09	-	-	-	-	-	-
TiO ₂	-	0,01	0,02	0,01	0,05	0,12	0,01	0,06	-	-
Bi ₂ O ₃	34,14	32,07	34,13	33,87	33,70	34,23	42,08	42,02	29,80	46,58
Sb ₂ O ₃	12,75	13,98	13,29	12,89	13,40	13,17	6,60	6,38	17,14	4,35
MnO	-	-	0,01	-	0,03	-	0,06	0,01	-	-
FeO	-	-	-	0,05	-	-	0,05	0,01	-	-
CaO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05
Na ₂ O	-	-	0,01	-	-	-	-	-	-	-
Сумма	96,87	97,20	97,42	97,06	97,14	97,46	98,26	98,39	98,46	99,24

Примечание - Анализы 1-8 – наши данные; анализ 9 – из Шерловой копи по [163], анализ 10 – из Михеевской жилы по [163].

2. В манганотанталите, бисмутотанталит также слагает вторичные прожилки и скопления в краевых частях индивидов марганцевого танталониобата, размером до 50 мкм (рисунок 5.3.7). По данным микрозондового анализа (таблица 5.3.12, анализы 7-8) минерал отличается устойчивым составом, при этом количество ниобия в минерале не превышает 2 мас.% Nb₂O₅, что соответствует 5-6% минала бисмутоколумбита. Из других примесей в минерале отмечается сурьма (Sb₂O₃ до 6,9 мас.%). Если сравнивать химический состав нашего бисмутотанталита с прежними анализами минерала с Липовки (таблица 5.3.12, анализы 9-10), то он очень близок к своему аналогу из Михеевской жилы, но резко отличается от бисмутотанталита [163] из Шерловой копи [46, 77].

В целом, бисмутотанталит является обычным минералом редкометалльных гранитных пегматитов [235 и др.], на Урале он был установлен в пегматитах Кочкарского гранитного массива [200].

Микролит. Ранее микролит на Липовке был установлен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], в пегматитах Михеевской жилы и в десилицированных телах. По нашим данным, микролит слагает плохо образованные изометричные индивиды, размером до 7-8 мм, среди агрегата лепидолита (в лепидолитовой "кипелке") с вкраплениями кристаллов розового турмалина [77, 81]. Иногда в лепидолит-альбитовых пегматитах (например, жила Сибирячка) встречаются изометричные кристаллы этого минерала (рисунок 5.3.14). При этом микролит ассоциирует с лепидолитом, альбитом и кварцем.

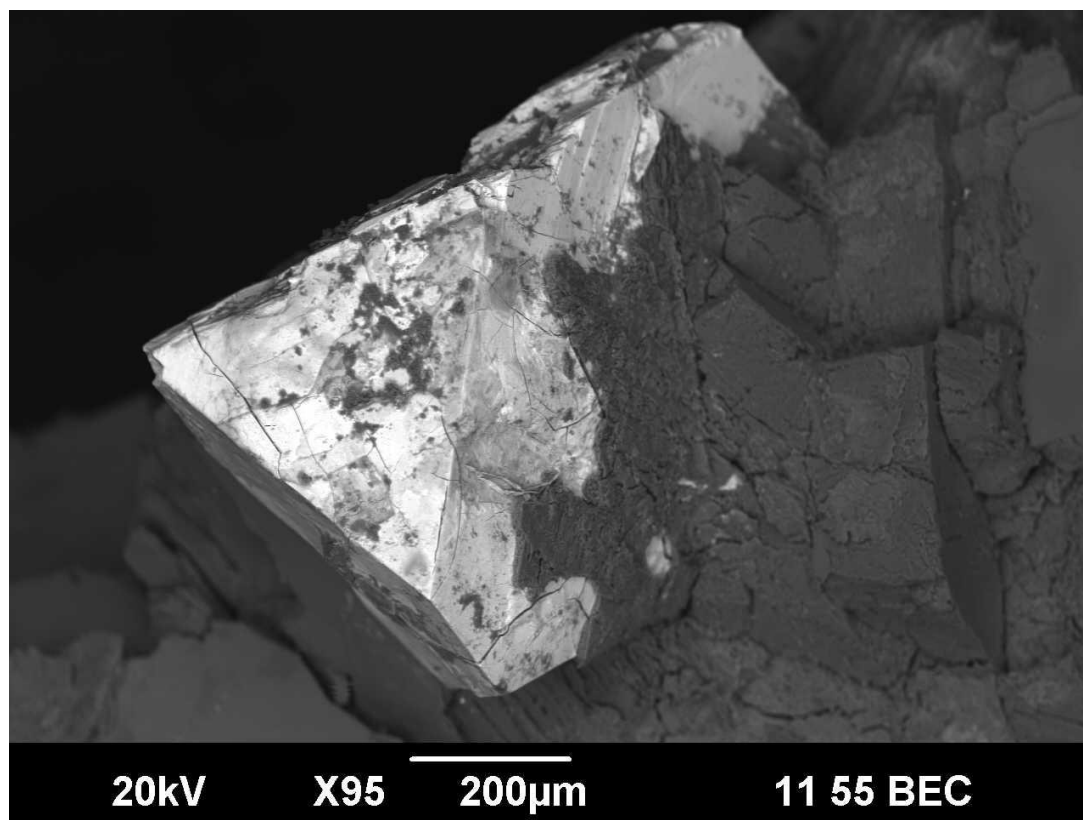


Рисунок 5.3.14 – Кристалл микролита на контакте лепидолитовой «кипелки» и альбита (клевеландита); фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

По данным автора и Ю.В. Ерохина [77, 81], индивиды танталониобата характеризуются светло-зеленой до темно-зеленой окраской. Зерна полупрозрачны и обладают жирным блеском. Визуально микролит напоминает ганит, но изучение его химического состава показало, что это танталониобат. По данным микрозондового анализа (таблица 5.3.13), минерал отличается неустойчивым химическим составом, хотя и уверенно определяется как минерал группы микролита. Некоторые зерна микролита содержат небольшую примесь висмута (таблица 5.3.13, анализы 1-4; Bi_2O_3 до 3,8 мас.%), а некоторые наоборот отличаются повышенным количеством висмута (таблица 5.3.13, анализы 5-8; Bi_2O_3 до 9,2 мас.%) [77, 81].

Интересно, что "низковисмутовый" микролит встречается как чистый, так и содержит включения стибиотанталита, а "высоковисмутовый" микролит также встречается как чистый, так и содержит поздние прожилки и скопления бисмутотанталита. Из примесей в минерале отмечается только ниобий, его количество в первом случае варьирует от 0,8 до 1,1 мас.% Nb_2O_5 , а во втором – от 2,9 до 3,3 мас.% Nb_2O_5 . Соотношение кальция и натрия в танталониобате немного варьирует, но по данным кристаллохимического пересчета все зерна минерала относятся к натровой разновидности микролита [77, 81].

Таблица 5.3.13 – Химический состав (в мас.%) микролита из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки, по нашим данным [77, 81]

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ta ₂ O ₅	77,35	77,41	77,06	77,36	72,02	71,86	71,38	71,96	67,24
Nb ₂ O ₅	1,11	0,99	0,87	0,79	3,05	3,04	2,90	3,02	6,08
TiO ₂	0,05	-	0,03	0,01	0,04	0,07	0,16	0,09	-
ThO ₂	0,12	0,07	0,05	0,27	0,14	0,40	0,12	0,25	-
UO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28
Bi ₂ O ₃	3,52	3,73	3,65	3,78	8,26	8,93	9,15	8,64	10,23
Sb ₂ O ₃	0,27	0,26	0,22	0,27	0,32	0,12	0,30	0,30	0,20
MnO	0,23	0,18	0,27	0,23	0,20	0,32	0,31	0,22	0,15
FeO	0,06	-	0,06	-	0,02	-	-	0,04	0,11
CaO	8,29	8,20	8,33	8,26	6,48	6,41	6,25	6,44	6,11
Na ₂ O	5,42	5,48	5,51	5,50	5,63	5,52	5,52	5,53	4,17
F	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15
Сумма	96,43	96,33	96,04	96,48	96,17	96,67	96,09	96,49	94,66

Примечание - Анализы сделаны на микроанализаторе САМЕСА SX 100 (аналитик В.В. Хиллер); анализы 1-8 – наши данные (анализы 1-4 – микролит с включениями стибитотанталита, анализы 5-8 – микролит с бисмутотанталитом), анализ 9 – из Михеевской жилы [163].

К сожалению, на данный момент классификация группы микролита [224, 232] сильно усложнилась, в первую очередь, за счет расширения кристаллохимических позиций в области анионов по кислороду, фтору, ОН-группировке, воды и вакансии. Всё это предполагает детализированные исследования минерала и только по результатам микронзондового анализа определить микролит до минерального вида достаточно затруднительно. На данный момент, из натровых разностей микролита официально и достоверно определен только фторнатромикролит [255], остальные четыре минеральных вида пока остаются неизвестными. Возможно, описанные нами зерна микролита и относятся к одному из этих неизвестных минеральных видов, тем более, что фтор мы в них как раз и не обнаружили [77, 81]. В целом, микролит является обычным минералом гранитных пегматитов, на Урале минерал описывался В.И. Поповой с соавторами [177] в жилах Алабашского поля и пегматитах Ильменских гор.

Уранмикролит. Минерал также обнаружен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] в Михеевской жиле, при исследовании концентрически-зональных кристаллов микролита. Развит в кайме (толщиной до 0,5 мм) расположенной вокруг ядра, сложенного микролитом. Уранмикролит совместно с висмутомикролитом и плюмбомикролитом образуют систему твердых растворов, а мелкие кристаллы бывают целиком сложены одним из них. Химический состав уранмикролита из Михеевской жилы следующий (в мас.%): CaO 0,67; PbO 3,75; FeO 0,55; Bi₂O₃ 4,54; UO₂ 13,91; TiO₂ 1,58; Nb₂O₅ 2,57; Ta₂O₅ 62,65; Сумма 90,22 [163].

Автором, совместно с Ю.В. Ерохиным, уранмикролит ярко-желтого цвета был найден в лепидолит-альбитовом пегматите жилы Сибирячка. В первом случае минерал расположен по

трещинкам в кварце (рисунок 5.3.15.1) в ассоциации с альбитом и зеленым турмалином. А во втором случае три кристалла уранмикролита желтовато-зеленого цвета были найдены в среднезернистом лепидолите (рисунок 5.3.15.2 - 5.3.15.4) в ассоциации с клевеландитом, кварцем и КПШ.

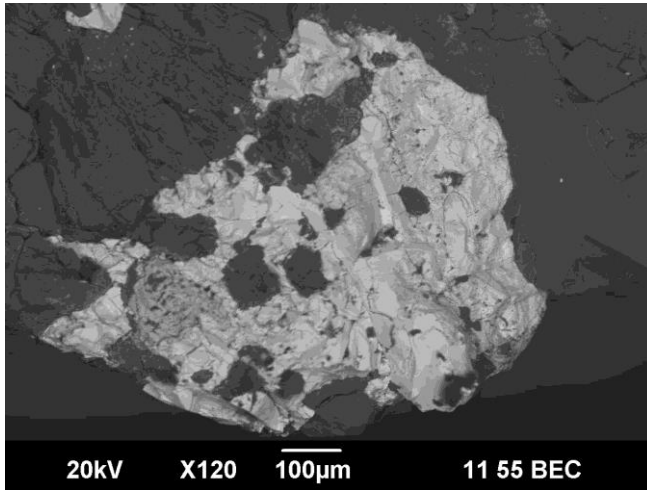


Рисунок 5.3.15.1

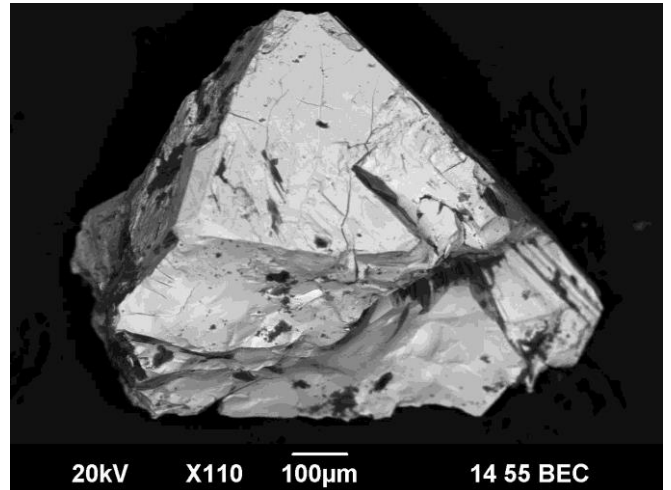


Рисунок 5.3.15.2

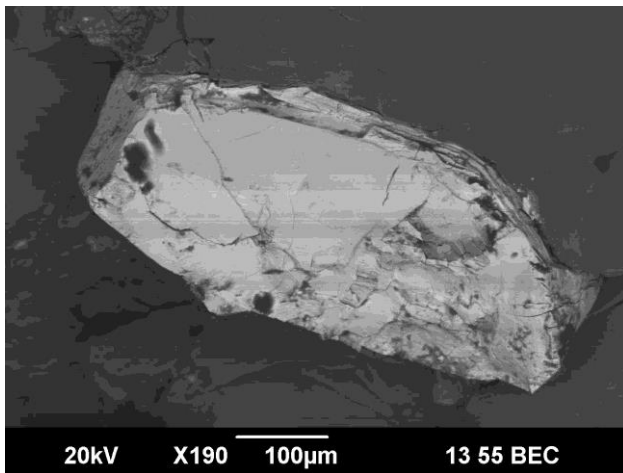


Рисунок 5.3.15.3

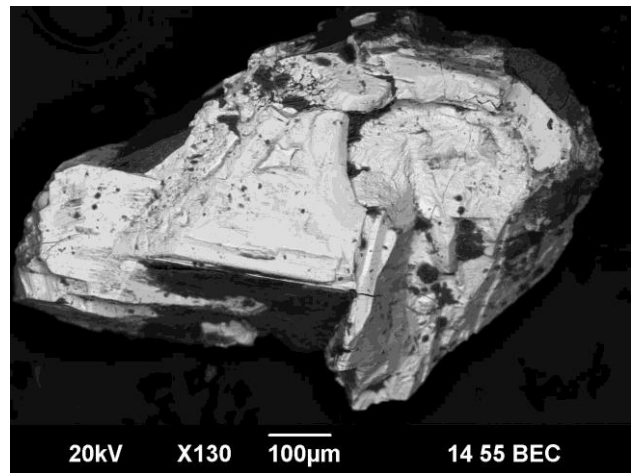


Рисунок 5.3.15.4

Рисунки 5.3.15.1- 5.3.15.4 – Кристаллы и агрегаты уранмикролита; примечание – 5.3.15.1 - агрегат уранмикролита (светло-серый) в кварце (темно-серый); 5.3.15.2 - 5.3.15.4 - кристаллы уранмикролита в лепидолите; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

Химический состав (в мас.%) уранмикролита из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовского жильного поля приведен в таблице 5.3.14. Если сравнивать наши данные с данными [163], то в анализах нашего минерала выше содержание CaO (до 6,24 мас.%) и ниже Vi_2O_3 и PbO.

Таблица 5.3.14 – Химический состав (в мас.%) уранмикролита из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки, наши данные

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ThO ₂	0,13	0,23	0,07	0,14	0,27	0,26	0,14	0,17	0,41	0,19	0,04
UO ₂	14,24	14,31	13,62	13,73	14,01	14,10	14,46	14,21	13,99	13,89	14,38
PbO	1,06	1,00	0,90	0,92	1,00	1,13	1,13	0,98	0,97	1,01	0,93
Ta ₂ O ₅	64,89	64,56	66,94	66,43	65,07	63,72	66,18	67,87	66,15	65,80	66,14
Nb ₂ O ₅	2,39	2,29	2,28	2,32	2,37	2,43	2,67	2,48	2,37	2,61	2,35
TiO ₂	2,88	2,69	1,95	2,10	2,85	2,52	2,62	1,81	2,01	2,28	1,97
FeO	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,11	0,05
CaO	5,92	5,93	6,00	6,08	6,00	5,62	6,17	6,04	5,98	6,24	5,72
SiO ₂	0,35	0,33	0,32	0,34	0,30	0,33	0,32	0,34	0,31	0,29	0,31
MnO	0,00	0,01	0,00	0,07	0,02	0,00	0,01	0,06	0,09	0,00	0,01
Na ₂ O	3,88	3,83	3,81	3,46	3,91	3,97	3,74	3,75	4,06	3,36	3,25
F	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	1,42	1,01
Bi ₂ O ₃	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.	0,63	0,69
Сумма	95,74	95,21	95,90	95,59	95,80	94,07	97,45	97,89	96,35	97,82	96,87

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Сатеса SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Плюмбомикролит. Минерал обнаружен в Михеевской жиле И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [131, 163] в кайме замещения микролита. По их данным минерал ассоциирует с висмутомикролитом и уранмикролитом.

Висмутомикролит. Минерал также найден в Михеевской жиле И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [131, 163] в кайме замещения микролита. По данным этих исследователей висмутомикролит ассоциирует с плюмбомикролитом и уранмикролитом и образует систему твердых растворов, а мелкие кристаллы бывают целиком сложены одним из них.

Фторнатромикролит. При изучении поперечных и продольных сечений кристаллов темно-синего, почти черного, турмалина, который по химическому составу оказался фтор-эльбаитом, нами [87, 258] обнаружены многочисленные включения танталониобатов. Включения отличаются вполне устойчивым химическим составом и уверенно определяются как танталониобаты из группы микролита (таблица 5.3.15). Фторнатромикролит образует слабо вытянутые и округлые зерна, размером до 200-250 мкм (рисунок 5.3.16). Из существенных примесей в минерале отмечается уран (UO₂ до 14,5 мас.%), ниобий (Nb₂O₅ до 2,7 мас.%), титан (TiO₂ до 2,6 мас.%), свинец (PbO до 1 мас.%) и висмут (Bi₂O₃ до 0,7 мас.%) [87, 258].

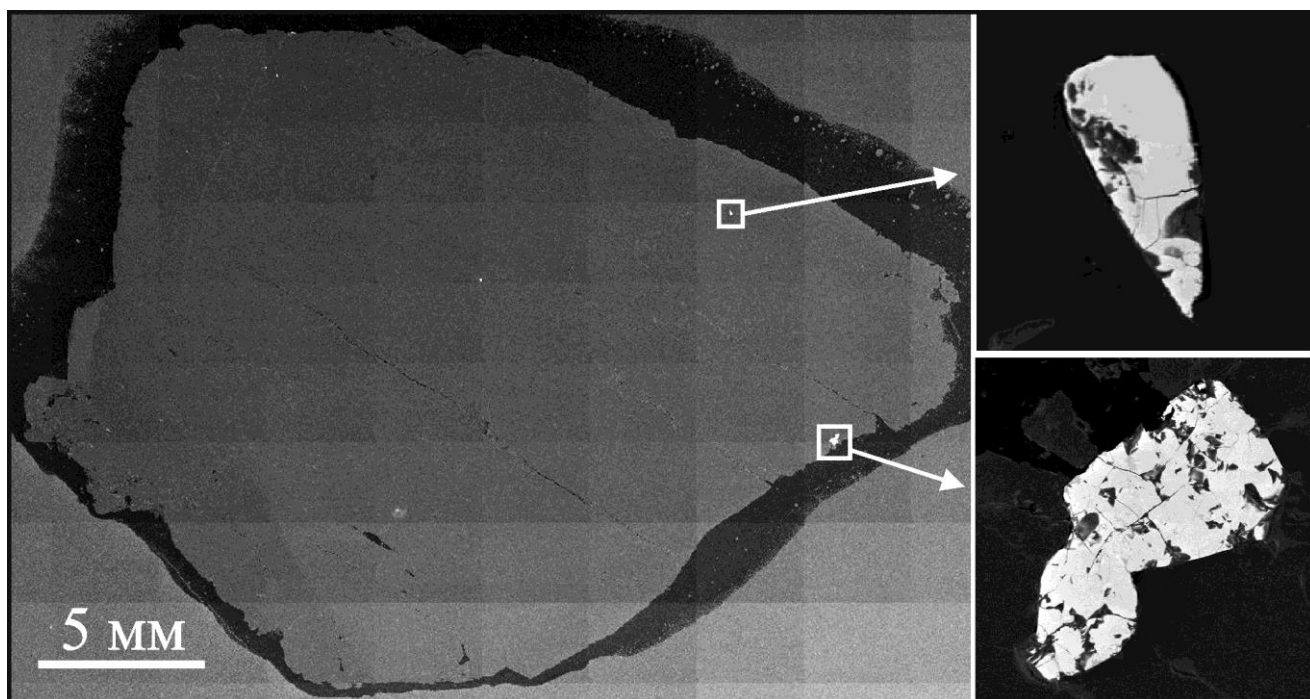


Рисунок 5.3.16 – Включения микролита в матрице фтор-эльбаита; поперечный кристалл турмалина, полированный шлиф; BSE-изображение, микроанализатор CAMECA SX 100; фото турмалина сделано методом мозаики, наши данные [87, 258]

Общая сумма анализов фторнатромикролита характеризуется небольшой недостаточей, что вполне типично для танталониобатов. На фоне высокой примеси урана минерал мог подвергнуться частичной метамиктизации и набрать какое-то количество воды [87, 258].

При кристаллохимическом пересчете видно, что позиция «А» в минерале имеет небольшой недостаток, а позиция «В» наоборот переизбыток, что возможно и связано с вхождением воды в позицию «А». При пересчете видно, что количество урана варьирует от 0,32 до 0,35 ф.ед., т.е. не более 17,5% минала уранового микролита. Фтор почти во всех анализах (анализы 1-4) преобладает в так называемой позиции «У» (т.е. заполняет её) эталонного микролита, а значит, к ним следует применять приставку «фтор» [87, 258].

Нами [87, 258], минерал установлен по соотношению кальция и натрия в танталониобатах и высокому значению фтора (таблица 5.3.15). Так к фторнатромикролиту относятся первые три анализа (анализы 1-3), так как в них в определенных позициях преобладают фтор, тантал и натрий. Анализы 5 и 6 точно относятся к натровым микролитам, т.к. в них преобладают натрий и тантал. При этом количество фтора ниже порогового значения, поэтому это может быть гидронатромикролит, оксинатромикролит, гидроксинатромикролит или кенонатромикролит, т.е. новый минерал пока еще не описанный в литературе [87, 258].

Таблица 5.3.15 – Химический состав (в мас. %) включений микролита из кристаллов фтор-эльбаита, наши данные [87, 258]

№	1	2	3	4	5	6
Ta ₂ O ₅	63,72	66,18	65,87	65,80	66,15	66,14
Nb ₂ O ₅	2,43	2,67	2,48	2,61	2,37	2,35
ThO ₂	0,26	0,14	0,17	0,19	0,41	0,04
UO ₂	14,10	14,46	14,21	13,89	13,99	14,38
SiO ₂	0,33	0,32	0,34	0,29	0,31	0,31
TiO ₂	2,52	2,62	1,81	2,28	2,01	1,97
Bi ₂ O ₃	0,70	0,52	0,59	0,63	0,66	0,69
PbO	1,13	1,13	0,98	1,01	0,97	0,93
FeO	-	-	0,18	0,11	-	0,05
CaO	5,62	6,17	6,04	6,24	5,98	5,72
MnO	-	0,01	0,06	-	0,09	0,01
Na ₂ O	3,97	3,74	3,75	3,36	4,06	3,25
F	1,68	1,79	1,53	1,42	1,27	1,01
2F≡O	-0,71	-0,75	-0,64	-0,60	-0,53	-0,42
Сумма	95,75	99,00	97,37	97,22	97,74	96,45
Кристаллохимические формулы						
1	(Na _{0.82} Ca _{0.64} U _{0.33} Pb _{0.03} Bi _{0.02} Th _{0.01}) _{1.85} (Ta _{1.83} Ti _{0.20} Nb _{0.12}) _{2.15} O ₆ (F _{0.62} X _{0.38})					
2	(Na _{0.76} Ca _{0.68} U _{0.33} Pb _{0.03} Bi _{0.01}) _{1.81} (Ta _{1.86} Ti _{0.20} Nb _{0.13}) _{2.19} O ₆ (F _{0.65} X _{0.35})					
3	(Na _{0.76} Ca _{0.68} U _{0.33} Pb _{0.03} Bi _{0.02} Fe _{0.02} Mn _{0.01}) _{1.85} (Ta _{1.89} Ti _{0.14} Nb _{0.12}) _{2.15} O ₆ (F _{0.57} X _{0.43})					
4	(Ca _{0.71} Na _{0.69} U _{0.33} Pb _{0.03} Bi _{0.02} Fe _{0.01} Th _{0.01}) _{1.80} (Ta _{1.90} Ti _{0.18} Nb _{0.12}) _{2.20} O ₆ (F _{0.53} X _{0.47})					
5	(Na _{0.82} Ca _{0.66} U _{0.32} Pb _{0.03} Bi _{0.02} Th _{0.01} Mn _{0.01}) _{1.87} (Ta _{1.86} Ti _{0.16} Nb _{0.11}) _{2.13} O ₆ (F _{0.47} X _{0.53})					
6	(Na _{0.69} Ca _{0.67} U _{0.35} Pb _{0.03} Bi _{0.02} Fe _{0.01}) _{1.77} (Ta _{1.96} Ti _{0.16} Nb _{0.11}) _{2.23} O ₆ (F _{0.40} X _{0.60})					

Примечание. Анализы сделаны на САМЕСА SX 100 (ИГГ УрО РАН, аналитик В.В. Хиллер); анализы 1-3 – фторнатромикролит, анализ 4 – фторкальциомикролит, анализы 5-6 – пока неопределенный до вида натромикролит; X в формулах – это либо О, ОН, Н₂О или вакансия.

Фторкальциомикролит. Как и фторнатромикролит минерал обнаружен нами [87, 258] при изучении поперечных и продольных сечений кристаллов фтор-эльбаита. Фторкальциомикролит образует слабо вытянутые и округлые зерна, размером до 200-250 мкм (рисунок 5.3.15). Химический состав танталониобата представлен выше по тексту (таблица 5.3.15). Минерал установлен по соотношению кальция и натрия в танталониобатах и высокому

значению фтора. Так к фторкальциомикролиту относится четвертый анализ (анализ 4), так как в нем по данным кристаллохимического пересчета кальций преобладает над натрием [87, 258].

Циркон. Ранее, в отчете [142], минерал упоминался в основном в блоковой зоне (с микроклином) в литиеносных пегматитах описываемого объекта, также он был обнаружен в протолочках проб, где была встречена его метамиктная разновидность (малакон).

По данным автора и Ю.В. Ерохина, в Хитничей жиле встречаются сильно измененные индивиды цирконов, в которых установлена тонкая и рассеянная вкрапленность уранинита [97]. В этой же жиле, с помощью растрового электронного микроскопа, нами найдены изометричные кристаллы циркона (рисунок 5.3.17) в крупно- до гигантозернистого калиевом полево шпате в ассоциации с манганотанталитом и розовым турмалином, а также в лейстах лепидолита в ассоциации с кварцем и ксенотимом (рисунок 5.3.31).

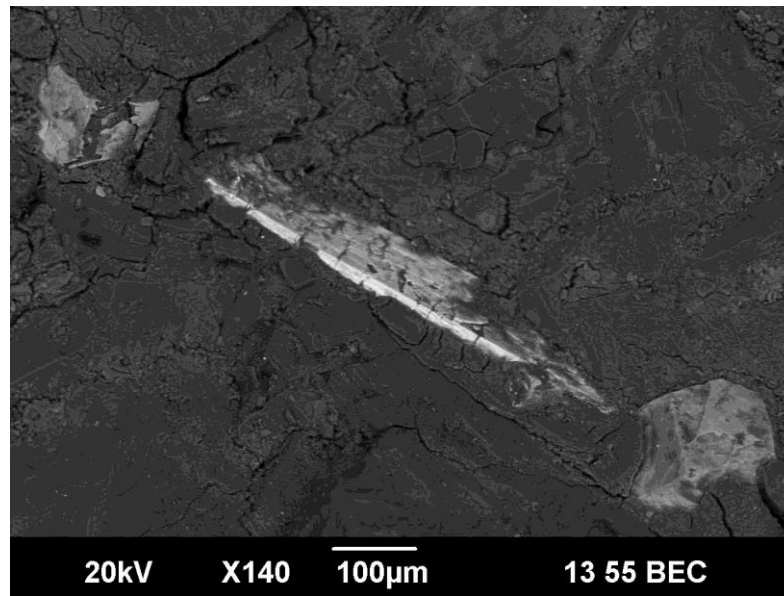


Рисунок 5.3.17 – Гантелевидный сросток кристаллов циркона (по краям) с призматическим кристаллом манганотанталита (в центре) в КПШ; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

По данным ЭДС-приставки, полученным при помощи растрового электронного микроскопа, в изометричном цирконе приведенном на рисунке 5.3.17, нами [97] установлено значительное содержание гафния (HfO_2 до 27,72 мас.%). По всей видимости, большое количество гафния повлияло на облик кристаллов. Так, по данным В.И. Алексеева и Ю.Б. Марина, в цирконе из литий фтористых гранитов Дальнего Востока содержание гафния (HfO_2) доходило в каймах до 7.6 мас% и связывалось с ростом редкометалльной специализации [6]. По данным микрозондового анализа (таблица 5.3.16), в цирконе из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки присутствуют значительные примеси (в мас.%): ThO_2 до 6,07; Y_2O_3 до 3,25, а также небольшая примесь UO_2 до 0,86 и незначительные примеси Ce_2O_3 до 0,05 и La_2O_3 до 0,05 [97].

Таблица 5.3.16 – Химический состав (в мас.%) циркона из лепидолит-альбитового пегматита

№	1	2	3	4	5	6
ThO ₂	3,62	3,08	6,07	4,82	3,72	6,64
UO ₂	0,86	0,86	0,745	0,717	0,84	46,80
PbO	0,07	0,03	0,03	0,18	0,07	0,277
Y ₂ O ₃	3,25	3,23	2,40	3,81	3,51	2,56
Ce ₂ O ₃	0,03	0,05	0,00	0,46	0,05	0,01
SiO ₂	22,70	21,57	23,18	21,82	20,55	11,11
La ₂ O ₃	0,05	0,00	0,02	0,03	0,02	0,05
ZrO ₂	38,97	41,48	35,86	30,25	38,45	17,63
Сумма	69,55	70,31	68,31	62,10	67,23	85,07

Примечание - ИГТ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Спессартин. В этом типе пегматитов установлен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], в ассоциации с лепидолитом и цветным эльбаитом. Авторами описывался оранжевый до желтого низкожелезистый спессартин, в виде кристаллов и зерен до 1,5 см. По нашим данным [58], спессартин в жилах слагает плохообразованные кристаллы в виде тетрагонтриоктаэдра. Встречается гранат в матрице КПШ и ассоциирует с танталониобатами, фторапатитом, альбитом и лепидолитом. В шлифе гранат образует ксеноморфные индивиды с однородной матрицей, без включений и без видимой зональности (рисунок 5.3.18). Минерал бесцветный, с высоким рельефом, плеохроизма нет, с анализатором отличается анизотропными эффектами, угасает секториально. Никаких вторичных изменений не обнаружено [58].

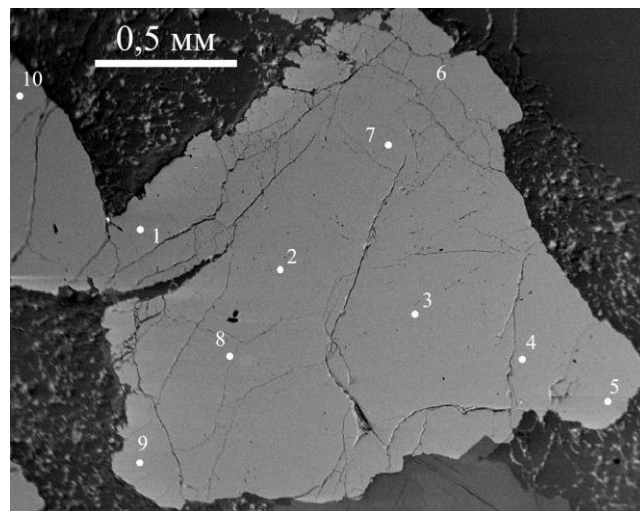


Рисунок 5.3.18 – Спессартин в матрице пегматита; фото в обратно-рассеянных электронах, Cameca SX 100; номерами обозначены точки анализов; наши данные [58]

По полученным нами данным [58] микрозондового анализа (таблица 5.3.17, анализы 1-10), минерал относится к практически предельному спессартину и отличается высокими содержаниями марганца (MnO до 40 мас.%). Из существенных примесей в минерале отмечается железо (FeO до 2,7 мас.%), кальций (CaO до 0,23 мас.%) и титан (TiO₂ до 0,26 мас.%), т.е.

гранат в качестве примеси содержит только небольшое количество минала альмандина (до 6%). Какой-либо химической зональности в минерале не наблюдается. Спессартин характеризуется слегка заниженными суммами анализов с недостачей до 1,5%, что, вполне вероятно, связано с присутствием небольшого количества воды в гранате. Кроме того, методом ICP-MS в спессартине нами были установлены следующие элементы (г/т): Ti 1225, Li 155, Zn 154, Ta 124, Ge 131, Ga 102, Sn 109, Y 82, Ba 51, Zr 48, Nb 15, Rb 12, Yb 10 [58].

Таблица 5.3.17 – Химический состав (мас.%) спессартина из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки, по нашим данным [58]

№	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	Сумма
1	35,88	0,21	20,40	2,31	40,06	-	0,22	0,01	99,09
2	36,02	0,24	20,14	2,38	40,02	0,02	0,21	0,02	99,06
3	36,21	0,15	20,27	2,49	39,57	-	0,18	0,02	98,90
4	36,19	0,25	20,29	2,61	39,34	-	0,21	0,01	98,90
5	36,44	0,20	19,93	2,62	39,19	-	0,21	0,04	98,63
6	35,80	0,22	20,34	2,58	39,56	-	0,20	0,02	98,72
7	35,73	0,15	20,22	2,60	39,62	-	0,17	0,02	98,51
8	35,93	0,24	20,30	2,58	39,54	-	0,24	-	98,83
9	36,16	0,22	20,34	2,11	39,48	-	0,23	0,02	98,57
10	35,68	0,26	20,25	2,53	39,91	-	0,22	-	98,86
11	37,06	-	21,96	5,92	34,81	-	0,37	-	100,12
Кристаллохимические формулы в пересчете на 8 катионов									
1	(Mn _{2.82} Fe _{0.16} Ca _{0.02}) _{3.00} (Al _{2.00} Ti _{0.01}) _{2.01} [Si _{2.99} O ₁₂]								
2	(Mn _{2.82} Fe _{0.16} Ca _{0.02}) _{3.00} (Al _{1.98} Ti _{0.02}) _{2.00} [Si _{3.00} O ₁₂]								
3	(Mn _{2.79} Fe _{0.17} Ca _{0.02}) _{2.98} (Al _{1.99} Ti _{0.01}) _{2.00} [Si _{3.02} O ₁₂]								
4	(Mn _{2.78} Fe _{0.18} Ca _{0.02}) _{2.98} (Al _{1.99} Ti _{0.01}) _{2.00} [Si _{3.02} O ₁₂]								
5	(Mn _{2.78} Fe _{0.18} Ca _{0.02}) _{2.98} (Al _{1.97} Ti _{0.01}) _{1.98} [Si _{3.04} O ₁₂]								
6	(Mn _{2.80} Fe _{0.18} Ca _{0.02}) _{3.00} (Al _{2.00} Ti _{0.01}) _{2.01} [Si _{2.99} O ₁₂]								
7	(Mn _{2.81} Fe _{0.18} Ca _{0.02}) _{3.01} (Al _{1.99} Ti _{0.01}) _{2.00} [Si _{2.99} O ₁₂]								
8	(Mn _{2.79} Fe _{0.18} Ca _{0.02}) _{2.99} (Al _{2.00} Ti _{0.01}) _{2.01} [Si _{3.00} O ₁₂]								
9	(Mn _{2.80} Fe _{0.15} Ca _{0.02}) _{2.97} (Al _{2.00} Ti _{0.01}) _{2.01} [Si _{3.02} O ₁₂]								
10	(Mn _{2.82} Fe _{0.17} Ca _{0.02}) _{3.01} (Al _{1.99} Ti _{0.01}) _{2.01} [Si _{2.98} O ₁₂]								
11	(Mn _{2.41} Fe _{0.41} Ca _{0.03}) _{2.85} Al _{2.12} [Si _{3.03} O ₁₂]								

Примечание - микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер. Анализы 1-10 – изученный нами спессартин; анализ 11 – спессартин из Михеевской жилы [163].

Химический состав изученного нами [58] спессартина достаточно четко отличается от его аналогов из гондитов [178, 212] по крайне незначительному содержанию железа и кальция. Это же касается спессартинов из пьомонит-кварцевых сланцев с экзоконтакта Харбейского

гранитного массива [39] и пьомонтитсодержащих риолитов Южного Урала [47]. От спессартинов из метаморфизованных гидротермально-осадочных марганцевых (родонитовых) месторождений Среднего и Южного Урала [15, 16] липовский гранат отличается низким содержанием кальция и отсутствием магния. Из максимально близких гранатов можно упомянуть спессартины из гранитов и связанных с ними пегматитов, которые характеризуются принадлежностью к ряду спессартин-альмандин. К примеру, в редкометалльных пегматитах Алабашского рудного поля упоминались поздние спессартины с низким содержанием минала альмандина (до 15-20%) [177], хотя липовские гранаты из лепидолит-альбитовых пегматитов еще менее железистые. Из этого следует, что изученный нами спессартин отличается своим типоморфным составом, возможно, характерным только для такого типа пегматитов [58].

Таким образом, спессартин является типоморфным минералом лепидолит-альбитовых пегматитов, так как именно для этих жильных тел характерна минерализация, обогащенная марганцем (манганотанталит, манганоколумбит, марганцовистый фторапатит, а также полихромные турмалины и лепидолит).

Топаз. По данным предыдущих исследователей [44, 163, 208], цвет минерала обычно бледно-голубой до ярко-голубого реже зеленого, его кристаллы имеют максимальный размер до 5-6 см (обычно 1 см) и ассоциируют с кварцем, плагиоклазом, петалитом, лепидолитом, мусковитом, воробьевитом, акваарином, фторапатитом, Mn-колумбитом, эвксенитом(?). Крупные зерна обычно замутнены газово-жидкими включениями и трещиноваты, а мелкие – чисты и прозрачны [44].

В лепидолит-альбитовой жиле Сибирячка топаз присутствует в виде мелких включений в лепидолитовой «кипелке» [79]. Также, по нашим данным [51], кристаллы топаза встречены у основания крупной полости выполненной белой глиной, в глинистой массе в ассоциации с цветным турмалином. При этом все индивиды не превышают 1-1,5 см в длину, бесцветные или имеют слабо-голубоватый оттенок, прозрачные и двухголовчатые. Головки у кристаллов полностью растворены и регенерированы в виде щеток мелких вершин, имеющих общий отблеск от одних и тех же граней. Сечение кристаллов близкое к квадратному, визуально индивиды напоминают кубики и прямоугольники. По результатам замеров прикладным гониометром, вычерчены идеализированные кристаллы [51]:

1. Внешний облик кристаллов топаза из глинистой массы представлен на рисунке 5.3.19.1. Базопинакоид кристаллов полностью покрыт регенерированными верхушками, идеализированный облик которых показан ниже. Индивиды сложены ромбическими призмами – $y\{021\}$, $m\{110\}$, $M\{230\}$, $l\{120\}$, $g\{130\}$, $n\{140\}$ и ромбической дипирамидой – $ю\{141\}$. На гранях ромбических призм горизонтального кольца отмечается редкая и слабо выраженная комбинационная штриховка, вызванная их совместным ростом. Верхушка кристалла, а точнее

поверхность базопинакоида представляет собой многоглавый рост мелких регенерированных головок, между которыми отмечаются скопления белой глинистой массы.

2. Наиболее часто встречающийся вариант регенерации базопинакоида, регенерированные верхушки имеют округлый облик (рисунок 5.3.19.2). Базопинакоид развит слабо. Индивид сложен ромбическими призмами – $z\{013\}$, $X\{023\}$, $y\{021\}$, $m\{110\}$, $M\{230\}$, $l\{120\}$, $g\{130\}$, $n\{140\}$, $p\{102\}$, $h\{103\}$, ромбическими дипирамидами – $u\{112\}$, $i\{113\}$, $ю\{141\}$ и пинакоидом – $c\{001\}$. На гранях ромбических призм горизонтального кольца отмечается редкая и слабо выраженная комбинационная штриховка, вызванная их совместным ростом.

3. Достаточно редко встречающийся вариант регенерации базопинакоида, регенерированные верхушки имеют копьевидный облик (рисунок 5.3.19.3). Базопинакоид развит слабо. Индивид сложен ромбическими призмами – $f\{011\}$, $y\{021\}$, $m\{110\}$, $M\{230\}$, $l\{120\}$, $g\{130\}$, $p\{102\}$, ромбическими дипирамидами – $u\{112\}$, $ю\{141\}$, $x\{123\}$ и пинакоидами – $c\{001\}$, $b\{010\}$. На гранях ромбических призм горизонтального кольца отмечается редкая и слабо выраженная комбинационная штриховка, вызванная их совместным ростом.

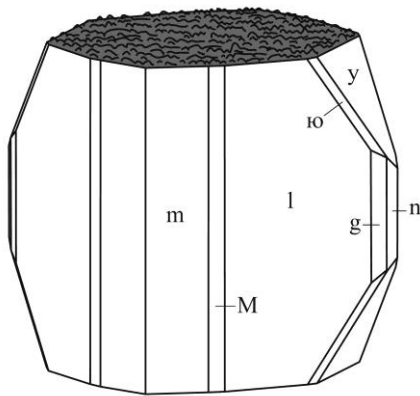


Рисунок 5.3.19.1

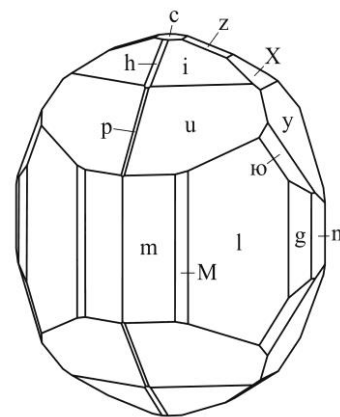


Рисунок 5.3.19.2

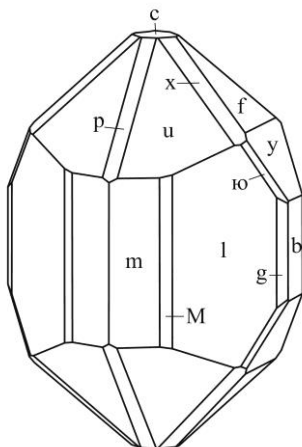


Рисунок 5.3.19.3

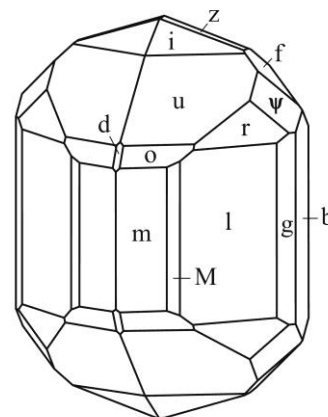


Рисунок 5.3.19.4

Рисунки 5.3.19.1 - 5.3.19.4 – Идеализированные кристаллы топаза; 5.3.19.1 – внешний облик кристаллов, 5.3.19.2 - 5.3.19.4 – регенерированные разности базопинакоида

4. Крайне редко встречающийся вариант регенерации базопинакоида, регенерированные верхушки имеют округлый облик, но без базопинакоида и матовой головкой (рисунок 5.3.19.4). Матовая головка кристаллов возникает за счет комбинационной штриховки на гранях $i\{113\}$. Индивид сложен ромбическими призмами – $z\{013\}$, $f\{011\}$, $m\{110\}$, $M\{230\}$, $l\{120\}$, $g\{130\}$, $d\{101\}$, ромбическими дипирамидами – $u\{112\}$, $i\{113\}$, $o\{111\}$, $r\{121\}$, $\psi\{132\}$ и пинакоидом – $b\{010\}$. На гранях призм горизонтального кольца отмечается редкая и слабо выраженная комбинационная штриховка, вызванная их совместным ростом. На гранях $i\{113\}$ отмечается четкая штриховка, вызванная совместным ростом двух простых форм – $[113]:[112]$.

В целом, топазы из жилы Сибирячка по огранке напоминают кристаллы «ильменского» типа, хотя подобные индивиды отмечались [177] и в пегматитах Мурзинского гранитного массива.

Нами [51] был изучен химический состав липовского топаза (таблица 5.3.18) из лепидолитовой «кипелки», где топаз обнаружен в виде мелких зерен размером до 100-150 мкм.

Минерал характеризуется пониженным содержанием фтора, в пределах 15-17 мас.% (в теоретическом составе топаза количество фтора выше и достигает 20,5%) [51].

Таблица 5.3.18 – Состав (мас.%) топаза из лепидолитовой «кипелки», наши данные [51]

№	1	2	3	4	5
SiO ₂	32,97	32,57	32,98	33,08	32,63
TiO ₂	0,06	0,04	0,02	0,04	-
Al ₂ O ₃	55,22	55,76	54,99	55,67	54,97
Cr ₂ O ₃	0,02	-	0,01	0,05	0,02
FeO	0,01	0,02	0,02	-	-
MnO	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02
MgO	-	-	0,01	-	-
CaO	-	0,01	0,01	-	0,01
Na ₂ O	-	-	0,02	-	-
K ₂ O	-	0,01	0,01	0,02	0,02
F	15,25	16,74	15,93	15,96	14,76
O≡F ₂	-6,42	-7,05	-6,71	-6,72	-6,21
Сумма	97,14	98,12	97,33	98,14	96,22

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Сатеса SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

К примеру, в адуйских топазах, из гранитных пегматитов жилы Южная, содержание фтора варьировало от 18,5 до 20,4 мас.% [59]. В липовском минерале, по всей видимости, присутствует до 2-3% воды, что наглядно демонстрируется заниженными суммами анализа. Из примесей в топазе отмечаются титан, железо, хром, магний, марганец, кальций и щелочи, но на уровне порога чувствительности анализа [51].

Дюмортьерит. По данным [163] встречен в Михеевской жиле, в ассоциации с мусковитом, оленитом и зеленым эльбаитом. По их данным кристаллы дюмортьерита

собранные в пучки сходные с их аналогами из кварц-ортоклаз-олигоклазовых жил с хризобериллом, но обычно отличаются более мелкими размерами.

Берилл. Наиболее интересна его разновидность – воробьевит, которая довольно редко встречается в лепидолит-альбитовых пегматитах Липовского жильного поля. Первое его описание было сделано В.И. Воробьевым в 1905 году [27]. По его данным берилл содержит значимые количества цезия и ассоциирует с рубидиевым лепидолитом и зеленым турмалином. По сведениям [163], бесцветные (водяно-прозрачные и полупрозрачные), белые и розовые кристаллы воробьевита с Шерловой копи достигают 7-8 см в поперечнике. При этом минерал ассоциирует с альбитом-клевеландитом, кварцем и лепидолитом, а содержание цезия (Cs_2O) достигает 4,55 мас.% [163].

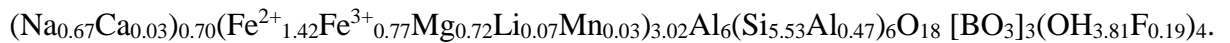
Автором, совместно с Ю.В. Ерохиным, методом ICP-MS в берилле (обр. 65л/11) из лепидолит-альбитового пегматита, были установлено значительное содержание Li 996 г/т и незначительные содержания (г/т): Zn 206, Mn 136, Ti 121, Ba 60, Rb 51, Ga 44, Ni 10, Zr 9, а также подтверждено ранее установленное микронзондовым методом значительное содержание Cs 2408 г/т. Также нами установлено, что в лепидолит-альбитовых пегматитах чаще всего встречается две генерации берилла. Первая представлена бледно-зеленоватым бериллом, на который обычно нарастает вторая генерация бесцветного берилла. При этом морфология бесцветного берилла сильно искажена, видимо по причине нестабильных условий его образования (агрессивная минералообразующая среда, тектонические подвижки, изменение РТ-параметров), а также в следствии отсутствия явных полостей необходимых для полноценного роста его кристаллов.

Кордиерит. Упомянут Э.Ф. Емлиным с соавторами [44], как довольно редкий минерал контаминированных пегматитов (залегающих в серпентинитах). При этом кордиерит встречается в олигоклаз-кварцевой графической зоной, в ассоциации с полихромным и розовым турмалином, лепидолитом, воробьевитом и «мечевидным» биотитом [44].

Шерл. Ранее минерал описан в отчете [142] и представлен единичными, обычно разориентированными кристаллами и их скоплениями в альбите из мелко- и среднепегматоидных зон жил Шерловой копи. В редких случаях крупные и мелкие кристаллы шерла ориентированы от контакта с вмещающими породами к центру жильного тела (мелкопегматоидной зоне) [142], что подтверждается и нашими данными (в жилах Сибирячка и Хитничья для шерла хорошо проявлен геометрический отбор).

По данным И.В. Пекова и Л.Р. Меметовой [163] шерл является типичным акцессорным, а иногда и пороодообразующим минералом краевых зон редкометалльно-самоцветных жил. В миаролах шерл не встречается, но в полевошпат-кварцевых гнездах его индивиды иногда служат затравками для эпитаксически нарастающего розового эльбаита и, соответственно,

выступают в качестве ядер концентрически-зональных сростков полихромного турмалина [163]. Формульный состав липовского шерла из краевой мелкографической зоны Михеевской жилы по [133]:



Автором диссертации кристаллы шерла (рисунок 5.3.20) встречены в крупно- до гигантозернистого полевоом шпате в разных лепидолит-альбитовых жилах. Минерал образует призматические до длинно-призматических кристаллы, средний диаметр которых составляет около 1 см. Чаще всего шерл ассоциирует с микроклином, альбитом и голубоватым бериллом, реже с цветными турмалинами и слюдами.

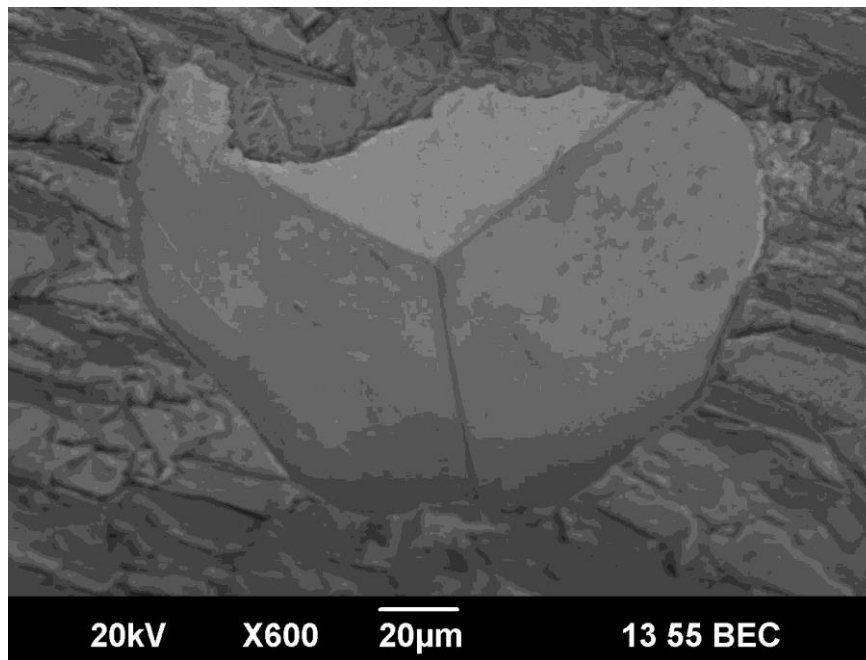


Рисунок 5.3.20 – Кристалл шерла в полевоом шпате; фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV

Эльбаит. Первым, кто обратил внимание на связь морфологии кристаллов цветных липовских турмалинов с их окраской, был П.Л. Драверт [42]. В 1904 году он установил, что если к бурой окраске эльбаита начинает примешиваться розовый цвет, то площадь моноэдра увеличивается с ростом интенсивности розовой окраски и еще выделил некоторые закономерности формы кристаллов в зависимости от цвета эльбаита. Затем подобными вопросами занимались В.И. Кайнов и Т.В. Русская [104]. Позже связь цветовой гаммы эльбаита с особенностями его геохимического состава изучалась И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163]. По их данным, самые крупные кристаллы липовского эльбаита имеют длину 15 см, при толщине не более 2 см; они окрашены в бледно-розовый цвет и врастают в молочно-белый кварц.

По данным автора с коллегами [71], чаще всего эльбаит образует длиннопризматические (нередко раздробленные) (рисунок 5.3.21.2 - 5.3.21.4) или короткопризматические кристаллы

(рисунок 5.3.21.1). Минерал ассоциирует с литиевыми слюдами, различными танталониобатами, альбитом, микроклином и кварцем [71]. Также эльбаит нередко нарастает на кристаллы шерла образуя на них внешние каймы.

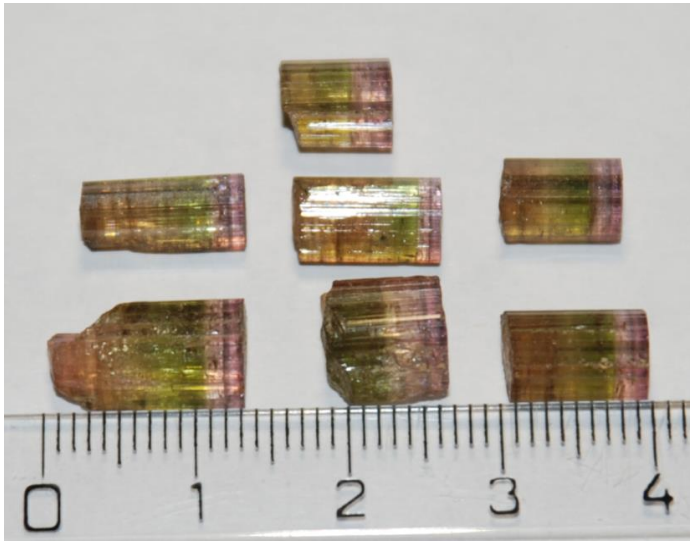


Рисунок 5.3.21.1

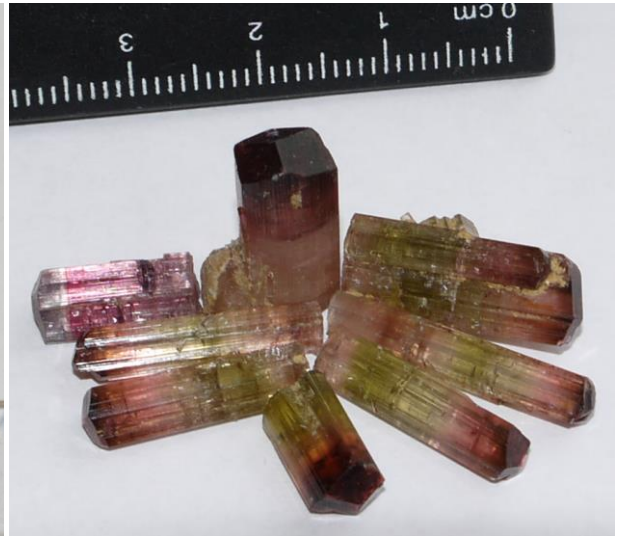


Рисунок 5.3.21.2

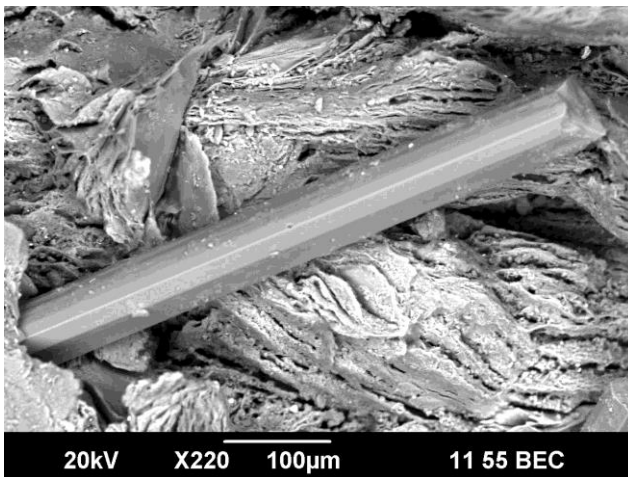


Рисунок 5.3.21.3



Рисунок 5.3.21.4

Рисунки 5.3.21.1 - 5.3.21.4 – Кристаллы полихромного эльбаита; 5.3.21.1 - 5.3.21.2 – отдельные кристаллы; 5.3.21.3 - 5.3.21.4 – в слюдистом агрегате (фото в BSE-режиме, СЭМ JSM-6390LV)

Химический состав цветных турмалинов Липовки изучен достаточно хорошо, в основном они сложены эльбаитом и фтор-эльбаитом (окрашенные разновидности), реже россманитом (бесцветные разновидности). Первые данные по составу цветных турмалинов Липовки были приведены в работе [184], а позже в публикациях [133, 163].

Нами [71] был изучен полихромный турмалин из лепидолитовой «кипелки» жилы Сибирячка. Кристалл имеет грубую поперечно-полосчатую зональность (в продольном сечении) от малинового цвета (вершина кристалла) через розовый центр, к бледно-зеленоватому основанию. В поперечном срезе, в индивидуе отмечается концентрическая

зональность с зеленоватой сердцевиной и розовой каймой. Продольный срез кристалла и расположение точек микрозондовых анализов представлено на рисунке 5.3.22 [71].

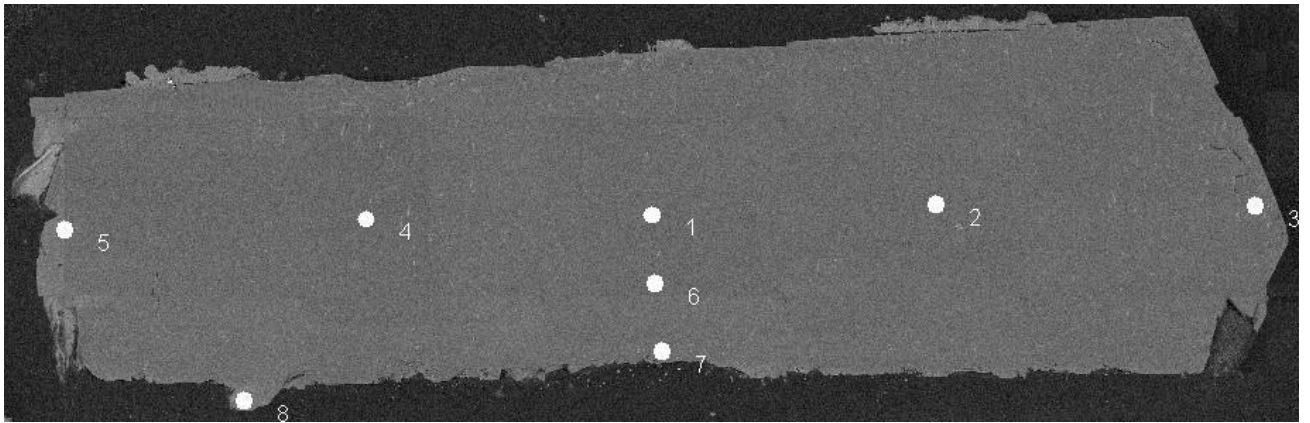


Рисунок 5.3.22 – Продольный срез кристалла, длина около 2 см (снимок BSE, Cameca SX 100); анализы 2-3 – малиновая зона (фтор-эльбаит); анализы 1, 6-7 – розовая зона (фтор-эльбаит); анализы 4-5 и 8 – бледно-зеленоватая зона (эльбаит)

По данным полученного нами микрозондового профилирования (таблица 5.3.19, анализы: 4,5,8) можно говорить, что визуальная окраска турмалина хорошо согласуется с изменениями в химическом составе [71, 258]. При этом автором с коллегами установлено, что розовые и малиновые зоны боросиликата обогащены марганцем, железом, кальцием, натрием и фтором, зеленоватые соответственно наоборот и при этом содержат чуть больше глинозема [71, 258]. В 2019 году связь химического состава липовского эльбаита с его окраской была подтверждена Т.А. Гвозденко с соавторами [28].

Микроэлементный состав турмалинов (17л/09-эльбаит; 18л/09 и 19л/09 –фтор-эльбаит) был установлен нами [71] методом ICP-MS (таблица 5.3.20). Автором на геохимию отобраны монофракции цветных зон полихромного турмалина – зеленоватый, розовый и малиновый эльбаит. В турмалине наблюдаются аномально высокие содержания Na (до 19000 г/т), Mn (до 7400 г/т) и Li (до 7000 г/т).

Данные элементы входят в структуру минерала, поэтому их количество так аномально велико. Некоторые элементы имеют концентрации до 1000 г/т, такие, как Ti (до 460 г/т), Zn (до 242 г/т), Ga (до 230 г/т), Bi (до 550 г/т) и Pb (до 310 г/т). Обогащение турмалина этими компонентами объясняется тем, что в матрице минерала часто наблюдаются микровключения (до 100-200 мкм) различных тантало-ниобатов. Остальные элементы отличаются меньшими содержаниями, особенно это касается лантаноидов, уровень концентрации которых крайне низок [71]. Содержание лития в каждой цветной зоне также установлено методом ICP-MS (таблица 5.3.20) и при пересчете на окисел, получилась вполне хорошая согласованность с ранее опубликованными результатами.

Таблица 5.3.19 – Химический состав (в мас.%) турмалина (продольный срез кристалла)

№	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	39,01	38,76	38,96	38,56	38,90	38,70	38,88	39,51
TiO ₂	-	0,06	0,04	-	0,04	0,04	-	0,06
Al ₂ O ₃	40,05	40,35	41,24	43,32	43,46	40,75	40,04	42,20
Cr ₂ O ₃	-	-	0,01	-	-	-	-	0,04
FeO	0,59	0,25	0,10	-	0,02	0,52	0,45	0,05
MnO	1,76	1,55	0,61	0,12	0,02	1,45	1,90	0,27
MgO	-	0,01	-	-	0,01	-	-	-
CaO	0,60	0,70	0,54	0,32	0,04	0,46	0,63	0,13
Na ₂ O	2,17	2,07	2,16	1,73	1,78	2,12	2,13	1,94
K ₂ O	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cs ₂ O	-	-	-	0,08	-	0,01	-	0,02
Li ₂ O*	1,46	1,51	1,51	1,35	1,35	1,46	1,46	1,46
F	1,20	1,26	1,66	0,67	0,67	1,22	1,20	0,77
O≡F ₂	-0,51	-0,53	-0,70	-0,28	-0,28	-0,51	-0,51	-0,32
Сумма	86,34	86,01	86,14	85,88	86,02	86,23	86,19	86,14
Кристаллохимические формулы								
1	(Na _{0.65} Ca _{0.10}) _{0.75} (Al _{1.73} Li _{0.95} Mn _{0.24} Fe _{0.08}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.29} F _{0.71}) ₄							
2	(Na _{0.62} Ca _{0.12}) _{0.74} (Al _{1.76} Li _{0.99} Mn _{0.21} Fe _{0.03} Ti _{0.01}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.25} F _{0.75}) ₄							
3	(Na _{0.64} Ca _{0.09}) _{0.73} (Al _{1.91} Li _{1.00} Mn _{0.08} Fe _{0.01}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.29} F _{0.98}) ₄							
4	(Na _{0.52} Ca _{0.05}) _{0.57} (Al _{2.13} Li _{0.84} Mn _{0.02} Cs _{0.01}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.60} F _{0.40}) ₄							
5	(Na _{0.53} Ca _{0.01}) _{0.54} (Al _{2.16} Li _{0.84}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.60} F _{0.40}) ₄							
6	(Na _{0.64} Ca _{0.08}) _{0.72} (Al _{1.77} Li _{0.94} Mn _{0.20} Fe _{0.07}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.27} F _{0.73}) ₄							
7	(Na _{0.64} Ca _{0.10}) _{0.74} (Al _{1.72} Li _{0.96} Mn _{0.26} Fe _{0.06}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.29} F _{0.71}) ₄							
8	(Na _{0.57} Ca _{0.02}) _{0.59} (Al _{2.00} Li _{0.95} Mn _{0.04} Fe _{0.01}) ₃ Al ₆ [Si ₆ O ₁₈](BO ₃) ₃ (OH _{3.57} F _{0.43}) ₄							

Примечание: ИГГ УрО РАН, микроанализатор CAMECA SX 100, аналитик В.В. Хиллер; * – литий определялся методом ICP-MS в г/т и пересчитан в окислы. Анализы: 1-3, 6, 7 – фтор-эльбаит, анализы: 4, 5, 8 – эльбаит. Наши данные [258].

К примеру, в работе [184] количество Li₂O для разноокрашенных эльбаитов приводится от 1,1 до 1,6 мас.%. Исходя из кристаллохимических расчетов, часть индивида турмалина является эльбаитом и фтор-эльбаитом, особенно розовая и малиновая части кристалла, а зеленоватая зона приближается к границе раздела эльбаита и россманита. В целом, результаты полученных автором, микронзондовых анализов эльбаита достаточно хорошо согласуются с

данными предыдущих исследователей [163, 184 и др.]. Главным отличием является содержание фтора, который в розовой и малиновой зоне турмалина варьирует от 1,2 до 1,7 мас.%, что уже позволяет относить минерал к фтор-эльбаиту [258].

Таблица 5.3.20 – Микроэлементный состав (в г/т) полихромного турмалина, по [71]

Эл-ты	17л/09	18л/09	19л/09	Эл-ты	17л/09	18л/09	19л/09
Li	6297,760	6775,616	7022,321	La	0,308	0,197	0,447
Be	40,978	42,715	59,684	Ce	0,798	0,440	1,022
Na	18705,040	16710,521	18244,621	Pr	0,101	0,067	0,148
Sc	0,432	0,544	0,557	Nd	0,424	0,315	0,609
Ti	458,025	245,425	246,503	Sm	0,125	0,101	0,205
V	2,799	1,790	2,678	Eu	0,019	0,014	0,039
Cr	6,918	3,475	2,868	Gd	0,137	0,096	0,216
Mn	7375,094	3892,455	4723,472	Tb	0,024	0,017	0,032
Co	0,915	0,494	0,603	Dy	0,163	0,106	0,191
Ni	6,441	4,302	5,092	Ho	0,036	0,023	0,039
Cu	20,295	22,330	14,468	Er	0,095	0,076	0,114
Zn	242,415	82,434	64,385	Tm	0,015	0,011	0,018
Ga	193,610	228,900	144,315	Yb	0,163	0,074	0,781
Ge	9,740	9,566	10,667	Lu	0,017	0,014	0,021
Rb	3,865	17,172	4,917	Hf	0,420	0,302	0,424
Sr	27,822	21,696	63,183	Ta	0,950	2,006	0,792
Y	0,723	0,410	0,783	W	0,050	0,427	0,074
Zr	13,457	9,664	13,773	Tl	0,061	0,175	0,077
Nb	1,339	1,136	0,639	Pb	170,809	149,261	307,700
Mo	0,179	0,100	0,084	Bi	398,319	386,322	549,904
Ag	0,365	0,278	0,377	Th	0,174	0,265	0,805
Cd	0,311	0,579	0,227	U	0,581	0,684	4,429
Sn	12,911	6,178	4,986	Cs	0,553	12,728	0,780
Sb	35,008	29,952	82,938	Ba	52,636	39,730	49,694

Примечание – Масс-спектрометр ELAN-9000, аналитики Д.В. Киселева, Н.В. Чередниченко (ИГГ УрО РАН); 17л/09 – зеленая зона (основание кристалла), 18л/09 – розовая зона (центр), 19л/09 – малиновая зона (вершина кристалла).

В 2019 году Т.А. Гвозденко с соавторами [28] были исследованы ИК спектры липовского эльбаита и сделано их сравнение с ИК спектрами дравита и шерла из других проявлений Мурзинской самоцветной полосы.

Автором с коллегами [71] также установлено, что при нормировании на хондрит, спектры лантаноидов в цветных турмалинах показывают практически одинаковое распределение с плавным нарастанием легких РЗЭ и слабой негативной европиевой аномалией (рисунок 5.3.23). Различия наблюдаются только в общем содержании редких земель и как видно из графика, максимальная концентрация лантаноидов характерна для вершинных частей кристаллов. Непонятным остается положительная аномалия иттербия в зеленоватой и

малиновой зоне эльбаита. Возможно, это связано с попаданием в пробу танталониобатов или ксенотима [71].

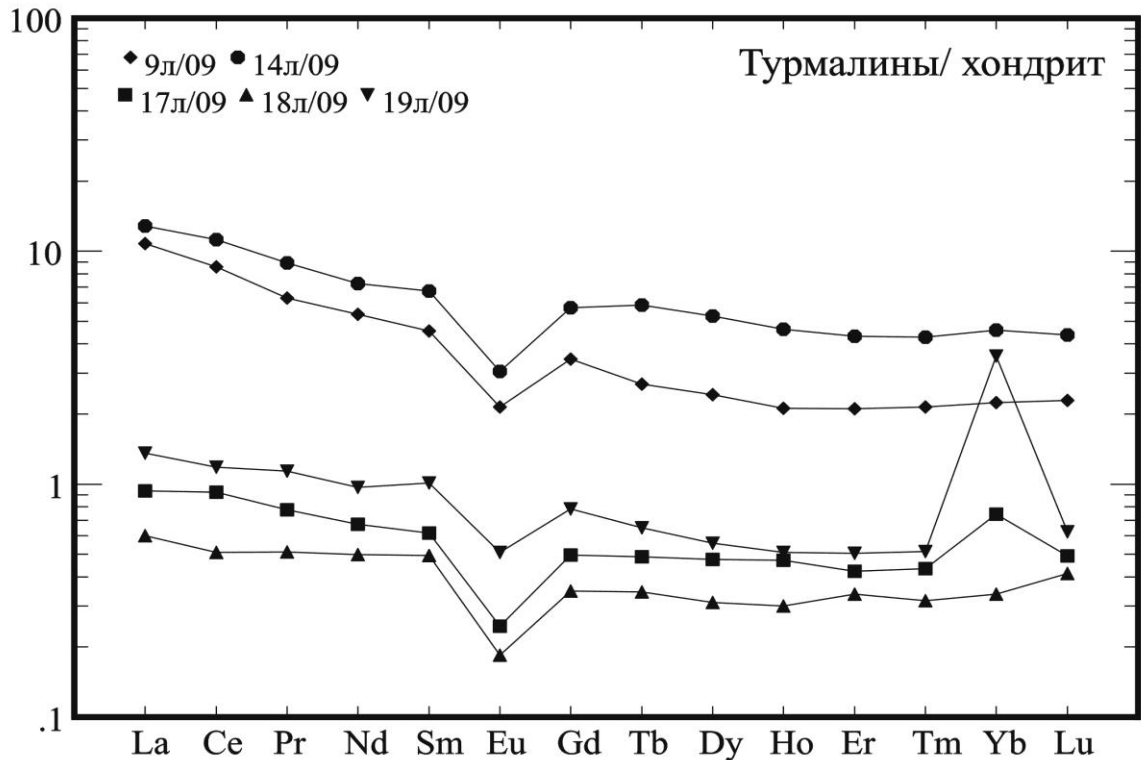


Рисунок 5.3.23 – Спектры распределения РЗЭ в турмалинах Липовки, по нашим данным [71]; 9л/09 – увит-дравит, 14л/09 – шерл; обозначения остальных проб приведено в таблице 5.3.20

Для сравнения, на график (рисунок 5.3.22) нами [60] были нанесены турмалины (увит-дравит и шерл) из других пегматитов Липовского жильного поля. Оказалось, что их тренды распределения лантаноидов имеют такую же конфигурацию, что и цветные эльбаиты из жилы Сибирячка, но при этом общее содержание РЗЭ в них существенно выше и превышает литиевые турмалины на один порядок. Спектры РЗЭ боросиликатов хорошо соотносятся с турмалином из пегматитов жилы «Южной» Адуйского жильного поля [60].

В целом, нами [71] отмечается низкая концентрацию редких земель в литиевых турмалинах, которая также достаточно типична и для гипербазитов. Возможно, это напрямую связано с тем, что пегматитовые жилы с эльбаитом залегают непосредственно в серпентинитах и, по всей видимости, в момент формирования литиевой минерализации наряду с кислыми флюидами было велико участие ультраосновной компоненты. В пользу этого предположения говорит постоянная и повышенная контаминированность литиеносных пегматитовых жил (Липовка, копи Мора, Министерская яма и др.) [71].

Фтор-эльбаит. Установлен автором с коллегами [87, 258] и является новым для данного объекта минералом. Детально было проанализировано три кристалла цветных, содержащих литий турмалинов (темно-синий, розовый и малиновый) из жилы Сибирячка и оказалось, что

ядро в них сложено эльбаитом (редко – россманитом), а краевые зоны – фтор-эльбаитом, т.е. до 2/3 от объема кристалла. Исходя из наших кристаллохимических расчетов, розовая и малиновая части кристалла, благодаря высокому содержанию фтора (варьирующего от 1,2 до 1,7 мас.%) относятся к фтор-эльбаиту, а зеленоватая зона является эльбаитом с высоким миналом россманита [87, 258].

Составы фтор-эльбаита приведены в таблице 5.3.19 (анализы 1-3, 6, 7).

Ранее, нами [71] методом ICP-MS был установлен микроэлементный состав фтор-эльбаита (образцы 18л/09 и 19л/09), который приведен в таблице 5.3.20.

Для более детального изучения химизма зонального турмалина автором [258] было выполнено элементное картирование поперечного среза обломка кристалла розового турмалина, размером 0,5х3 см (рисунок 5.3.24), с приведенными точками микрозондового анализа, которые соответствуют таковым в таблице 5.3.19.

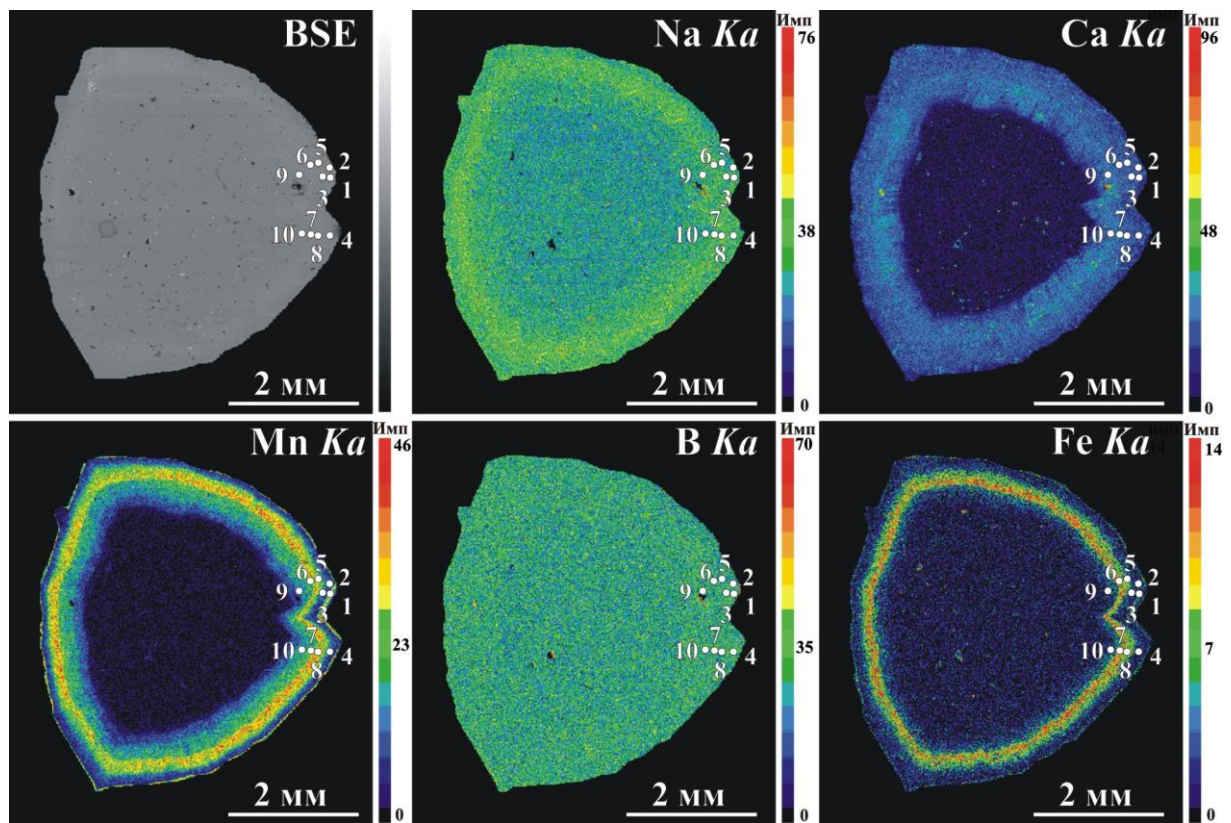


Рисунок 5.3.24 – BSE-изображение и карты распределения характеристического рентгеновского излучения линий $Na\ K\alpha$, $Ca\ K\alpha$, $Mn\ K\alpha$, $B\ K\alpha$ и $Fe\ K\alpha$ поперечного среза кристалла розового турмалина (участок 5,5×5,5 мм) из Липовки (с указанием точек анализа); длительность измерения интенсивности в каждой точке по 100 мс, шаг – 10 мкм

Полученное автором, при содействии В.В. Хиллер [258], элементное картирование поперечного среза кристалла розового турмалина выявило четко проявленную зональность по марганцу, железу, натрию и кальцию, которая подтвердилась микрозондовыми анализами

(таблица 5.3.19, анализы: 1-3, 6, 7). Отметим, что содержание хрома, титана и магния ниже их предела обнаружения. Также наблюдается однородность по содержанию бора, что вполне характерно, ведь в турмалинах количество бора никогда не меняется ни при высоком изоморфизме по другим элементам, ни при смене минеральных видов. Благодаря количественному определению кислорода стало возможным количественно рассчитать суммарное содержание лития, что приведено в таблице 5.3.19. В целом, розовый турмалин из Липовки, несмотря на четкую элементную зональность, относится к эльбаиту с высоким вариативным содержанием минала россманита (до 30-40%). Повышенное содержание фтора в минерале позволяет относить данный турмалин к фтор-эльбаиту. Об этом же (фтор замещает часть позиций в анионной группировке) говорит и немного заниженное количество кислорода в наших анализах от 49,3 до 51,3 мас.%, в сравнении с содержанием кислорода (54,1 мас.%) в эталонном эльбаите. При этом количество бора в изученном турмалине (3,3-3,5 мас.%) получилось примерно равным с эталонами эльбаита и россманита (3,5 мас.%) [215, 258].

Оленит. Впервые в пегматитах данного объекта минерал найден И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] в Михеевской жиле, в микроклин-альбит-кварцевых ядрах с мусковитом, лепидолитом, масутомилитом, эльбаитом, бериллом (зеленоватым и воробьевитом), спессартином и др. Оленит образует черные ядра концентрически-зональных кристаллов-сростков полихромного турмалина имеющих тонкую розовую эльбаитовую кайму [163].

Россманит. Также был обнаружен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163], в образце из Шерловой копи. Минерал слагает ядра прозрачных розовых, призматических кристаллов (длина которых достигает 7 мм) внешняя зона которых, неотличимая по цвету, образована эльбаитом. В ассоциации с кристаллами россманита присутствуют лепидолит и зеленый эльбаит. Химический состав россманита следующий: Li_2O 1,36; Na_2O 1,55; CaO 0,06; MnO 0,11; Al_2O_3 46,32; SiO_2 38,75; F 0,09; $-\text{O}=\text{F}_2$ 0,04; Сумма 88,20 [163].

Автором диссертации россманит встречен в лепидолит-альбитовой жиле Сибирячка, его бесцветные, со слабым зеленоватым оттенком, длиннопризматические кристаллы (до 1 мм в длину) ассоциируют с дымчатым кварцем и гребенчатым альбитом (в непосредственной близости с зеленоватым крупнозернистым мусковитом). В этом же образце, россманит бледно-розового цвета (до бесцветного), развит в виде еще более мелких призматических кристаллов, в пустотах инкрустированных гребенчатым альбитом.

Также россманит был встречен нами [93], при изучении сложно зонального полихромного турмалина с «чернильной шапочкой» из литиеносных гранитных пегматитов объекта. Установлено, что ядро и промежуточная зона кристалла сложена эльбаитом, кайма – фтор-эльбаитом, а чернильно-синяя головка – россманитом и эльбаитом (первый слагает зону роста моноэдра, а второй – пирамид) [93].

Сподумен. Установлен по данным [142], при лабораторных исследованиях в ИМГРЭ, в виде очень мелких выделений. Сподумен содержится в основном в мелкопегматоидной микроклин-альбитовой зоне, в ассоциации с кварцем, мусковитом, шерлом, лепидолитом, бесцветным и розовым турмалином, реже бериллом, из рудных минералов присутствует магнетит. Автором данный минерал найден не был и требует подтверждения.

Биотит. По отчету [142], биотит-флогопит встречается в небольших количествах в нескольких зонах рубеллит-лепидолитовых пегматитов: неравномерно-зернистой кварц-плагиоклазовой зоне с альбитовыми прожилками; в пегматоидной и мелкоблоковой кварц-альбит-микроклиновой зонах с мусковитом, лепидолитом и турмалином. Также биотит представлен в качестве второстепенного, породообразующего минерала в краевых зонах редкометально-самоцветных жил, образуя коричневато-черные мечевидные кристаллы [163]. При этом минерал обычно замещается хлоритом.

Мусковит. По данным И.В. Пекова и Л.Р. Меметовой [163] сероватый, крупнопластинчатый (индивиды до 10 см) железистый мусковит развит в краевых зонах редкометально-самоцветных жил. А также зеленоватый маложелезистый крупнопластинчатый мусковит развит вместе с эльбаитом, лепидолитом и альбитом-клевеландитом. Кроме того бледно-розовый и сиреневый чешуйчатый несодержащий железа мусковит, встречается в ассоциации с цветным турмалином и литиевыми слюдами. И наконец, вещество цементирующее полости в пегматитах Шерловой копи в значительной мере состоит из тонкокристаллического слабогидратированного мусковита [163].

По данным автора и Ю.В. Ерохина, в центральных зонах лепидолит-альбитовых пегматитов мусковит имеет довольно ограниченное распространение, уступая место литиевым слюдам. Минерал встречен в жиле Сибирячка в ассоциации с среднезернистым агрегатом лепидолита (таблица 5.3.21, анализы 1-4). Также мусковит встречен в ассоциации с плагиоклазом, калишпатом и спессартином в жиле Хитничья (таблица 5.3.21, анализ 7). Здесь минерал образует крупнозернистые выделения серебристого цвета (реже до бесцветного). Рентгенофазовое исследование слюды (5л/18) показало, что она представлена двумя диоктаэдрическими политипами $2M_1$ и $1M$.

Если сравнивать полученные нами анализы (7 проб мусковита), приведенные в таблице 5.3.21, с литературными данными [163], то для всех проб наблюдаются повышенные содержания (в мас.%): FeO – в пределах 1,22-2,62; TiO₂ – 0,17-0,22; Rb₂O – 0,15-0,28; Cs₂O – 0,04-0,13 и пониженные содержания для CaO, MgO, Al₂O₃.

Таблица 5.3.21 – Химический состав (в мас.%) мусковита из лепидолит-альбитовых пегматитов

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	45,18	45,38	46,50	44,86	43,93	43,17	47,51	43,10	46,18
TiO ₂	0,20	0,18	0,17	0,18	0,21	0,17	0,22	-	-
Al ₂ O ₃	34,12	34,09	32,08	34,52	33,60	33,50	31,68	37,73	36,29
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01	0,00	0,00	0,18	0,25	0,00	н.о.	н.о.
FeO	1,32	1,37	1,22	1,38	1,50	1,43	2,62	-	0,89
MnO	0,60	0,67	0,57	0,53	1,03	0,88	0,62	0,05	0,77
MgO	0,00	0,02	0,00	0,01	0,02	0,03	0,08	0,26	-
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,10	-
K ₂ O	9,79	9,81	10,07	9,77	9,76	9,68	9,91	11,12	9,87
Na ₂ O	0,68	0,70	0,54	0,72	0,64	0,62	0,16	1,70	-
F	1,54	1,52	2,54	1,57	2,06	1,67	1,35	0,34	н.о.
O≡F ₂	-0,65	-0,64	-1,07	-0,66	-0,87	-0,70	-0,57	-0,14	-
Rb ₂ O	0,16	0,17	0,22	0,21	0,28	0,28	0,24	-	н.о.
Cs ₂ O	0,06	0,05	0,07	0,04	0,06	0,10	0,13	-	-
Li ₂ O	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	0,24
Сумма	93,65	93,97	93,97	93,81	93,30	91,81	94,52	94,26	94,24

Примечание – Смеска SX 100, аналитик В.В. Хиллер. Анализы 1-7 наши данные; Анализы 1-4 – из «кипелки» жилы Сибирячка (обр. 23-3л/11), анализы 5-6 – из жилы Сыпуха (обр. 64-1л/11), анализ 7 – из жилы Хитничья (обр. 47-14л/11). Анализы 8-9 даны по [163], Михеевская жила; анализ 8 – поздний сиреневый чешуйчатый, анализ 9 – зеленоватый крупнопластинчатый.

Трилитионит-полилитионит. Ранее Э.Ф. Емлиным с соавторами [44], слюда фиолетового цвета описана как «лепидолит». При этом, по их данным, от центра к периферии кристаллов лепидолита нарастает содержание лития с 0,39% (в центре) до 4,61% (в краевой части). Позже минерал определен как трилитионит и установлено, что он содержит (в мас.%): до 5,8 Li₂O; до 1,3% Rb₂O; до 1,1% Cs₂O и до 9% F [163]. По данным [44, 163] минерал обычно встречается в виде массивных агрегатов с размером зерен до 5 мм, реже кристаллов до 5 см, в ассоциации с полевыми шпатами, в том числе голубоватым олигоклазом, а также красно-розовым турмалином, кварцем, воробьевитом и ниоботанталатами Sb и Bi.

По нашим данным [54], лепидолитовая «кипелка» достаточно характерна для лепидолит-альбитовых пегматитов Липовского поля. Она встречается практически во всех жилах этого типа и обычно слагает центральную зону тела, образуя скопления до 50-60 см. Выделяется своей окраской от фиолетового до нежно-сиреневого цвета. Визуально агрегат слюды всегда пористый и содержит мелкие включения силикатов, таких как микроклин (рисунок 5.3.25), турмалин, реже альбит или топаз. Под микроскопом лейсты лепидолита всегда деформированы, имеют волнистое угасание и содержат мельчайшие включения танталониобатов и самородных металлов таких как золото, медь, серебро, свинец и других минералов.

Полученные нами составы лепидолита из жилы Сибирячка занимают промежуточное значение между трилитионитом и полилитионитом (таблица 5.3.22).

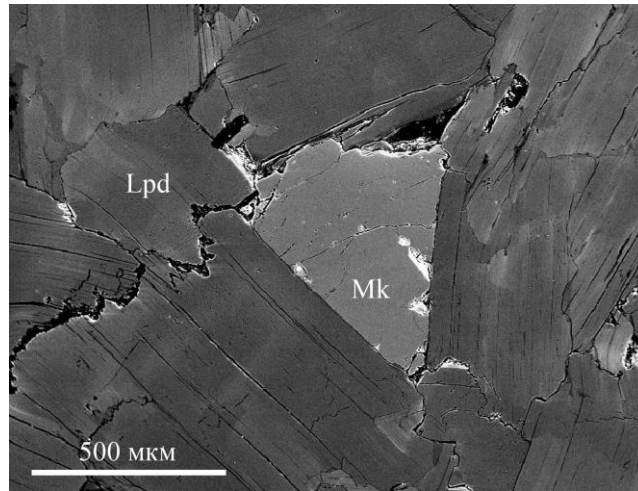


Рисунок 5.3.25 – Агрегат лепидолита с включением микроклина (снимок BSE, Cameca SX 100)

Таблица 5.3.22 – Химический состав (в мас.%) лепидолита, наши данные [54]

Окислы	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	51,51	55,02	56,17	51,69	55,46	50,65	51,06	51,96
TiO ₂	0,10	0,06	0,05	0,03	0,09	0,08	0,13	0,05
Al ₂ O ₃	22,20	19,57	18,14	22,61	18,46	24,01	23,73	22,04
Cr ₂ O ₃	-	0,19	-	0,30	0,20	0,04	-	0,02
FeO	0,03	0,16	0,04	0,05	0,15	0,05	0,02	0,04
MnO	1,11	0,70	0,72	0,94	0,69	1,45	1,64	1,43
MgO	0,03	0,21	0,04	0,04	0,06	0,01	0,01	-
CaO	-	0,04	-	-	0,02	0,01	-	0,01
Na ₂ O	0,24	0,13	0,13	0,27	0,10	0,29	0,24	0,15
K ₂ O	9,96	9,75	10,32	9,94	10,07	10,15	10,15	10,38
Rb ₂ O	1,25	1,04	1,04	1,16	1,11	1,20	1,42	1,30
Li ₂ O*	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45	6,45
Cs ₂ O	0,96	0,82	0,83	0,98	0,89	0,36	0,41	0,49
F	8,40	9,17	9,19	8,64	8,52	8,43	7,78	8,94
O≡F ₂	-3,54	-3,86	-3,87	-3,64	-3,59	-3,55	-3,28	-3,76
Сумма	98,70	99,45	99,25	99,46	98,68	99,63	99,76	99,50
Кристаллохимические формулы								
1	(K _{0.85} Rb _{0.05} Cs _{0.03} Na _{0.03}) _{0.96} (Li _{1.74} Al _{1.24} Mn _{0.06}) _{3.04} [(Si _{3.46} Al _{0.53} Ti _{0.01}) ₄ O ₁₀]F _{2.07}							
2	(K _{0.84} Rb _{0.04} Cs _{0.02} Na _{0.02}) _{0.92} (Li _{1.74} Al _{1.26} Mn _{0.04} Mg _{0.02} Cr _{0.01} Fe _{0.01}) _{3.08} [(Si _{3.70} Al _{0.30}) ₄ O ₁₀]F _{2.26}							
3	(K _{0.89} Rb _{0.04} Cs _{0.02} Na _{0.02}) _{0.97} (Li _{1.75} Al _{1.24} Mn _{0.04}) _{3.03} [(Si _{3.79} Al _{0.21}) ₄ O ₁₀]F _{2.27}							
4	(K _{0.85} Rb _{0.05} Cs _{0.03} Na _{0.03}) _{0.96} (Li _{1.73} Al _{1.24} Mn _{0.05} Cr _{0.02}) _{3.04} [(Si _{3.45} Al _{0.55}) ₄ O ₁₀]F _{2.11}							
5	(K _{0.87} Rb _{0.05} Cs _{0.03} Na _{0.01}) _{0.96} (Li _{1.75} Al _{1.22} Mn _{0.04} Mg _{0.01} Cr _{0.01} Fe _{0.01}) _{3.04} [(Si _{3.75} Al _{0.25}) ₄ O ₁₀]F _{2.11}							
6	(K _{0.86} Rb _{0.05} Na _{0.04} Cs _{0.01}) _{0.96} (Li _{1.72} Al _{1.24} Mn _{0.08}) _{3.04} [(Si _{3.36} Al _{0.64}) ₄ O ₁₀]F _{2.05}							
7	(K _{0.86} Rb _{0.06} Na _{0.03} Cs _{0.01}) _{0.96} (Li _{1.72} Al _{1.23} Mn _{0.09}) _{3.04} [(Si _{3.38} Al _{0.61} Ti _{0.01}) ₄ O ₁₀](F _{1.88} OH _{0.12}) ₂							
8	(K _{0.88} Rb _{0.05} Na _{0.02} Cs _{0.01}) _{0.96} (Li _{1.74} Al _{1.22} Mn _{0.08}) _{3.04} [(Si _{3.47} Al _{0.53}) ₄ O ₁₀]F _{2.19}							

Примечание – Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер; * – литий определялся атомно-абсорбционным методом в монофракции лепидолита (аналитик Е.А. Галянина).

Их в равной степени можно относить к обоим минеральным видам.

По полученным нами данным [54], слюда является предельно фтористой и содержит большое количество лития (Li₂O до 6,5 мас.%). Кроме того, отмечается небольшая вариация

составов по марганцу (от 0,7 до 1,6 мас.%) и цезию (от 0,4 до 1 мас.%). В лепидолите (таблица 5.3.23) наблюдаются аномально высокие содержания Li (до 16000 г/т), Mn (до 6800 г/т), Rb (до 5700 г/т) и Cs (до 4700 г/т). Данные элементы входят в состав минерала, поэтому их количество так велико. Содержание других элементов не превышает концентрацию 400 г/т, это такие элементы как: Ti (до 389 г/т), W (до 114 г/т), Ga (до 100 г/т), Ta (до 80 г/т), Ni (до 80 г/т) и Nb (до 60 г/т). Присутствие этих компонентов связывается с наличием мелких включений танталониобатов, которые достаточно часто наблюдаются в агрегате лепидолита. Остальные элементы отличаются еще меньшими содержаниями, особенно это касается лантаноидов, уровень концентрации которых крайне низок [54].

Полилитионит также был подтвержден нами рентгенофазовым анализом и обычно представлен политипом 1M.

Таблица 5.3.23 – Микроэлементный состав (в г/т) лепидолита, по нашим данным [79]

Эл-ты	8л/09	Эл-ты	8л/09	Эл-ты	8л/09	Эл-ты	8л/09
Li	15987	Co	1,23	La	0,002	Tm	0,0004
Be	25,87	Ni	84,37	Ce	0,007	Yb	0,002
Na	1126	Cu	2,38	Pr	0,001	Lu	0,0002
Sc	1,29	Zn	52,57	Nd	0,005	Hf	0,14
Ti	389,83	Ga	100,21	Sm	0,001	Ta	79,49
V	0,31	Ge	11,30	Eu	0,001	W	114,56
Cr	5,73	Rb	5661,3	Gd	0,001	Tl	36,04
Mn	6827,9	Sr	0,77	Tb	0,001	Pb	3,30
Y	0,002	Mo	2,60	Dy	0,004	Bi	4,39
Zr	0,69	Ag	1,14	Ho	0,0002	Th	0,01
Nb	57,37	Sn	37,92	Er	0,001	U	0,14
Sb	1,45	Cs	4704,2	Ba	0,86	Cd	-

Примечание – масс-спектрометр ELAN-9000, аналитики Д.В. Киселева, Н.В. Чередниченко.

По данным автора и Ю.В. Ерохина [79], пегматитовые жилы с эльбаитом и лепидолитом залегают непосредственно в серпентинитах и, по всей видимости, в момент формирования в их центральных зонах литиевой минерализации наряду с кислыми флюидами было велико участие ультраосновной компоненты. В пользу этого предположения говорит постоянная и повышенная контаминированность пегматитовых жил с цветным турмалином и литиевой слюдой (Липовские тела, копи Мора и др.). Учитывая, что слюда формировалась самой поздней из всей литиевой минерализации, то можно говорить о нарастании влияния «ультрабазитовой воды» в процессе кристаллизации данной ассоциации [79].

Нами также установлено, что при нормировании на хондрит, спектр лантаноидов в слюде показывает более низкое (по сравнению с турмалинами) и практически пологое распределение, с пилообразным строением кривой (рисунок 5.3.26), что, по всей видимости, говорит о содержании элементов на уровне определения погрешности [54].

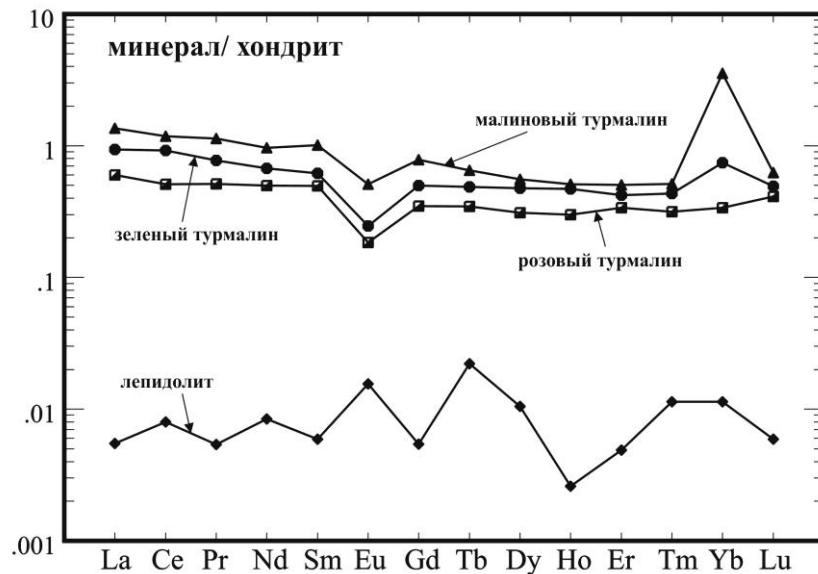


Рисунок 5.3.26 – Спектры распределения лантаноидов в турмалинах и лепидолите из лепидолит-альбитовых жил, нормированные на хондрит [245], наши данные [54]

Об этом же говорят установленные нами [54], несколько повышенные содержания Cr_2O_3 до 0,3 мас.%, указывающие на наличие в непосредственной близости ряда хромсодержащих минералов: хромшпинелиды, хромдиопсид, а также оливина как продукта разрушения ультраосновных пород [43]. В целом, литиевые слюды не являются редкими минералами, к примеру по данным Ю.Б. Марина [127] полилитионит и циннвальдит распространены в пироклоровом типе редкометалльно-щелочных гранитов.

Масутомилит. Обнаружен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] в Михеевской жиле. Минерал образует каймы толщиной до 7 мм яркого сиреневого цвета, на шестиугольных кристаллах зеленоватого мусковита. Такие эпитаксические сростки - «овоиды» достигают в поперечнике 5 см. Они находятся в существенно кварцевых гнездах с микроклином, альбитом-клевеландитом, эльбаитом, оленитом и другими минералами. Граница между индивидами слюд разного цвета в этих сростках резкая и химический состав на ней меняется скачкообразно: так от мусковита к масутомилиту содержание Li_2O возрастает с 0,2 до 2,5, Cs_2O с 0,0 до 1,0, а MnO с 0,8 до 4,4 мас.% [163].

Автором, совместно Ю.В. Ерохиным, крупнозернистые лейсты масутомилита сиреневого цвета были найдены в жилах Хитничьа и Сибирячка. В первой жиле минерал ассоциирует с альбитом и цветным турмалином – эльбаитом (зеленоватых и розоватых оттенков). А во второй масутомилит нарастает на серебристую бледно-фиолетовую слюду и ассоциирует в основном с альбитом. В обоих случаях минерал диагностирован, как политип 1M, с помощью метода рентгенофазового анализа (по характерным пикам, немного отличающимся от пиков трилитионита-полилитионита).

Стевенсит. Встречен автором в виде плотных, тонкозернистых агрегатов розоватого цвета, заполняющих каверны и пустоты в среднезернистом лепидолитовом агрегате пегматита. Стевенсит определен, с помощью метода микронзондового анализа (таблица 5.3.24) и подтвержден рентгенофазовым анализом. Минерал ассоциирует с калиевым полевым шпатом и клевеландитом, и характеризуется примесями (в среднем до 1 мас.%) Cr_2O_3 , FeO , а также содержит F до 0,25 мас. %.

Таблица 5.3.24 – Химический состав (мас.%) стевенсита из лепидолит-альбитовых пегматитов

Номер п/п	1	2	3
SiO_2	49,43	48,35	50,13
TiO_2	0,00	0,00	0,01
Al_2O_3	4,17	3,85	3,73
Cr_2O_3	1,05	0,43	0,29
FeO	0,81	0,86	0,62
MnO	0,07	0,02	0,03
MgO	24,20	23,11	24,16
CaO	1,00	0,77	0,71
Na_2O	0,05	0,03	0,06
K_2O	0,06	0,04	0,08
F	0,18	0,04	0,25
Cs_2O	0,03	0,02	0,02
Сумма	81,04	77,52	80,09

Примечание - ИГГ УрО РАН, Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер. Образец 20л/09.

Нонтронит. Упомянут Э.Ф. Емлиным с соавторами [44], в тальковых и нонтронит-тальковых шлейфах грейзенизированных жил содержащих рубеллит-лепидолитовую минерализацию, а также в центральных частях жил, в гнездовых скоплениях идиоморфных кристаллов эльбаита, где минерал образует цементирующий субстрат.

Тальк. По Э.Ф. Емлину с соавторами [44], данный минерал входит в состав субстрата цементирующего светло-розовый до малинового турмалин. Данный субстрат был определен рентгенографическим методом как тальковый с примесью каолинита и кварца. Кроме того, тальк упоминается в тальковых и нонтронит-тальковых шлейфах грейзенизированных жил содержащих рубеллит-лепидолитовую минерализацию [44]. Автор диссертации также наблюдал мелкозернистый тальк на контакте лепидолит-альбитовых пегматитов с серпентинитами, при этом этот минерал нередко замещал хлорит.

Клинохлор. Упомянут как минерал, встречающийся в десилицированных пегматитах и как минерал характерный для зоны контакта пегматитов с серпентинитами [163].

Мы [48] также постоянно наблюдали хлорит на контакте лепидолит-альбитовых пегматитов с серпентинитами, при этом минерал довольно часто замещается тальком. Реже, в качестве вторичного минерала, хлорит образует включения в матрице калиевого полевого

шпата из блоковой зоны микроклина [48]. По результатам микронзондового анализа (таблица 5.3.25) было подтверждено, что данный хлорит является клинохлором.

Таблица 5.3.25 – Химический состав (мас.%) хлорита из лепидолит-альбитовых пегматитов

Номер п/п	1	2	3	4	5
SiO ₂	55,58	52,61	45,44	46,89	42,62
TiO ₂	0,02	0,00	0,07	0,04	0,04
Al ₂ O ₃	15,41	15,29	19,36	20,17	17,91
Cr ₂ O ₃	0,10	0,19	0,18	0,16	4,66
FeO	0,58	0,74	3,72	3,48	6,71
MnO	0,00	0,02	0,15	0,16	0,27
MgO	16,83	15,98	15,54	13,81	12,49
CaO	1,00	0,97	0,67	0,70	0,90
Na ₂ O	0,14	0,12	0,00	0,01	0,05
K ₂ O	0,05	0,05	0,57	0,82	0,80
Cs ₂ O	0,00	0,00	не опр	не опр	не опр
SrO	0,00	0,00	не опр	не опр	не опр
NiO	0,01	0,05	не опр	не опр	не опр
V ₂ O ₃	0,01	0,00	не опр	не опр	не опр
Сумма	89,73	86,04	85,71	86,23	86,45

Примечание – Спектр SX 100, аналитик В.В. Хиллер, Анализы 1-2 –из пегматита Шерловой Копи (обр. 12л/10); Анализы 3-5–из пегматита Хитничей жилы («не опр»–элемент не измеряли).

Кукеит. Найден и описан А.И. Гинзбургом в 1953 году [32] в пегматите Шерловой копи. По его данным минерал находится в тесной ассоциации с кварцем и образует мелкочешуйчатые агрегаты, развивающиеся по рубеллиту и лепидолиту. При этом А.И. Гинзбург приводит физические свойства и оптические характеристики минерала, а также результаты термического, рентгеноструктурного и химического анализов (с пересчетом на структурные формулы).

Микроклин. Основной породообразующий минерал лепидолит-альбитовых пегматитов. Микроклин обычно имеет желтоватый, зеленовато-светло-серый [75] или светло-серый цвет и встречается практически во всех зонах данного типа пегматитов. Так он входит в состав аплитовидного микроклин-альбитового агрегата образующего внешнюю зону пегматитовых тел. Также микроклин распространен в центральной блоковой зоне тел и миаролах (рисунки 5.3.27; 5.3.28), где его хорошо ограниченные призматические и толстостолбчатые кристаллы

достигают 5 см [44, 163]. Нередко индивиды микроклина присутствуют в виде мелких включений в лепидолитовой «кипелке» (рисунок 5.3.25) [79].



Рисунок 5.3.27 – Микроклин с кварцем и розовым турмалином; образец 79л/10 (размер образца 1х3х3 см)



Рисунок 5.3.28 – Микроклин (промежуточный) с лепидолитом; образец 7-2л/12 (размер образца 4х4х2 см); жила Сибирячка

По мнению И.В. Пекова и Л.Р. Меметовой [163], желтоватый и розоватый калиевый шпат, ассоциирующий с цветным турмалином и лепидолитом, является максимальным микроклином, содержащим пертитовые вроски альбита. Наши данные [96], отчасти подтверждают данное утверждение. На рентгенометрический анализ автором было отобрано 7 проб калиевых полевых шпатов, из лепидолит-альбитовых пегматитов (таблица 5.3.26).

Все пробы отбирались из крупноразмерных образцов блоковой зоны, из миарол и полостей пробоотбор не проводился. Полученные нами результаты рентгеноструктурного анализа проб калиевых полевых шпатов, отобранных из блоковой зоны пегматита, приведены в таблице 5.3.27 [75].

Анализируя полученные нами [75] данные, можно уверенно говорить, что в лепидолит-альбитовых пегматитах встречается чистый (максимальный) и промежуточный микроклины. Пробы этого калишпата в данных жилах обычно содержат пертитовые вроски альбита, но нередко визуально наблюдается следующая закономерность: в крупных кристаллах из блоковых зон размер пертитовых вросков уменьшается (вплоть до полного их исчезновения) по мере приближения к центральной части пегматита, то есть в непосредственной близости от альбит-лепидолитовой зоны.

Таблица 5.3.26 – Список изученных проб микроклина из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки, наши данные [96]

№	№ образца	Проба	Привязка образца
1	58л/10	микроклин промежуточный	Хитничья жила (карьер № 6), блоковая зона пегматита.
2	27л/13	микроклин максимальный	Хитничья жила (карьер № 6), блоковая зона пегматита.
3	47-1л/11	микроклин максимальный	Хитничья жила (карьер № 6), крупная "графика".
4	47-20л/11	микроклин промежуточный	Хитничья жила (карьер № 6), крупная "графика".
5	8-1л/12	микроклин максимальный	Хитничья жила (карьер № 6), блоковая зона пегматита.
6	1л/15	микроклин промежуточный	Жила Сыпуха (карьер № 6), блоковая зона пегматита.
7	7-2л/12	микроклин промежуточный	Жила Сибирячка (карьер № 6), лепидолитовый агрегат.

Таблица 5.3.27 – Результаты рентгеноструктурного анализа проб калишпата из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки, наши данные [75]

№ образца	КПШ	альбит	Степень триклинности $\Delta\rho$	t_{10}	t_{20}	t_{1m}	t_{2m}
58л/10	65%	35%	0,368	-	-	-	-
27л/13	68%	32%	0,898	0,949	0,014	0,023	0,014
47-20л/11	79%	21%	0,443	-	-	-	-
8-1л/12	75%	25%	0,875	-	-	-	-
1л/15	82%	18%	0,488	0,694	0,058	0,190	0,058
7-2л/12	89%	11%	0,658	0,797	0,039	0,125	0,039

Примечание – дифрактометр XRD-7000 (Shimadzu), аналитик О.Л. Галахова, режим работы рентгеновской трубки: Cu-излучение, напряжение – 40 kV, ток – 30 mA. Степень триклинности посчитана по известной формуле приведенной в работе [181].

Интересным, установленным нами фактом является резкое снижение количества пертитовых вростков альбита в матрице калишпата из лепидолит-альбитовых пегматитов по сравнению с калишпатами из гранитных пегматитов. Такая особенность уже отмечалась ранее А.И. Гинзбургом [30], в подобных литиевых пегматитах. Во многих образцах калишпата из лепидолит-альбитовых пегматитов пертитовые вростки визуально отсутствуют и, по всей видимости, слагают микропертитовые вростки. Количество минала альбита в калишпатах из лепидолит-альбитовых пегматитов не превышает 3-5% [75]. Химический состав микроклина приведен в таблице 5.3.28.

В результате нами [75], подтвердилась определенная связь между составом калишпатов и их структурной упорядоченностью. Так микроклины содержат меньшую примесь натрия, чем

ортоклазы из топаз-берилловых гранитных пегматитов. Эта тенденция подтверждается рентгеноструктурными исследованиями.

Таблица 5.3.28 – Химический состав (в мас.%) микроклина из лепидолит-альбитовых пегматитов Липовки, по нашим данным [75]

№	1	2	3	4	5
SiO ₂	65,27	65,87	64,36	64,88	63,85
Al ₂ O ₃	18,79	18,57	18,29	18,01	19,27
Cr ₂ O ₃	0,00	0,00	0,02	0,03	н.о.
MnO	0,00	0,03	0,01	0,02	-
CaO	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Na ₂ O	0,32	0,47	0,28	0,52	0,76
K ₂ O	15,79	15,41	15,83	15,45	15,50
Rb ₂ O	0,23	0,22	0,61	0,55	-
Cs ₂ O	0,11	0,10	0,08	0,16	-
F	0,06	0,07	0,00	0,06	н.о.
Сумма	100,56	100,74	99,48	99,68	99,38
Alb	3	4	3	5	

Примечание – Анализы 1-4 – выполнены на микроанализаторе CAMECA SX 100, аналитик В.В. Хиллер. Анализы 1-2 – промежуточный микроклин, Хитничья жила; анализы 3-4 – максимальный микроклин из лепидолитовой кипелки жилы Сибирячка; анализ 5 – розоватый поздний микроклин из Михеевской жилы по [163]; н.о. – не определялся; Alb – минал альбита.

По нашим данным [75], в микроклинах лепидолит-альбитовых пегматитов, по сравнению с топаз-берилловыми гранитными пегматитами, резко нарастают примеси рубидия и цезия (суммарно до 1-1,5 мас.%). Поэтому микроклины в ассоциации с лепидолитом и цветными турмалинами из лепидолит-альбитовых пегматитов уже могут считаться цезий-рубидийсодержащими, но обедненные натрием (Na₂O до 0,9 мас.%) [75]. При этом по данным В.Е. Загорского [63], в миароловых пегматитах Малханского месторождения, в калишпатах при нарастании содержания рубидия и цезия происходит увеличение степени триклинности калишпата, т.е. формируется микроклин. Наши результаты по калиевым полевым шпатам из Липовских пегматитов полностью согласуются с данными В.Е. Загорского [63].

Альбит. Основной породообразующий минерал лепидолит-альбитовых пегматитов. Альбит входит в состав аплитовидного микроклин-альбитового агрегата образующего самую дальнюю от центра зону, а также слагает центральную зону пегматитового тела [44, 163] и присутствует в виде мелких включений в лепидолитовой «кипелке» [79]. Поздний альбит, сопровождающий редкометально-самоцветную минерализацию, представлен в основном бесцветным, белым, голубоватым или зеленоватым пластинчатым клевеландитом, а также образует сахаровидные агрегаты. В миаролах Шерловой копи встречался призматический

альбит. Рентгеновские данные показывают, что в продуктивных на цветной турмалин ассоциациях развит низкий альбит [163].

По нашим данным [48], поздний мелкозернистый альбит в ассоциации с розовым турмалином, развит по небольшим трещинкам, в калишпатах из блоковых зон лепидолит-альбитовых пегматитов. Кроме того, минерал образует пертитовые вростки в микроклине.

Закономерности размещения пертитовых вростков в калишпатах и их вариации состава альбитового минала приведены (выше по тексту) в описании микроклина. По данным микрозондового анализа, альбит характеризуется устойчивым химическим составом с незначительными вариациями по содержаниям: Cr₂O₃, FeO, MnO, CaO и K₂O (таблица 5.3.29).

Таблица 5.3.29 – Химический состав (мас.%) альбита из лепидолит-альбитовых пегматитов

Номер п/п	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	68,42	68,40	68,50	68,25	68,24	68,47	67,86
TiO ₂	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	не опр
Al ₂ O ₃	19,22	19,57	20,38	19,99	20,13	19,11	20,74
Cr ₂ O ₃	0,09	0,01	0,02	0,02	0,06	0,01	не опр
FeO	0,03	0,00	0,06	0,01	0,13	0,03	-
MnO	0,01	0,01	0,01	0,07	0,02	0,01	-
CaO	0,16	0,22	0,11	0,15	0,13	0,08	0,25
Na ₂ O	11,53	11,83	11,56	11,75	11,50	11,60	11,52
K ₂ O	0,28	0,10	0,20	0,15	0,12	0,14	0,13
Cs ₂ O	0,03	не опр	не опр	не опр	не опр	не опр	-
Сумма	99,77	100,15	100,84	100,40	100,35	99,45	100,50

Примечание – Выборка из 24 точек анализов. Анализы 1-6 наши данные (САМЕСА SX 100, аналитик В.В. Хиллер), анализ 1 – альбит из среднезернистой лепидолитовой кипелки (обр. 23л/09), анализы 2-6 – из блоковой полевошпатовой зоны пегматита (обр. 58л/10); анализ 7 – голубоватый поздний альбит-клевеландит (Шерловая копь, Липовское поле) по [163].

Кроме того, методом ICP-MS в альбите были установлены незначительные содержания (г/т): Li 83, Ga 67, Ni 18, а также подтверждено наличие элементов (ранее установленных микрозондовым методом) (г/т): Mn 46, Ti 31, Cr 15, Cs 11.

Олигоклаз. По Э.Ф. Емлину с соавторами [44], голубоватый олигоклаз (15-25%) в ассоциации с зональным красно-розовым турмалином (15-20%) и кварцем, встречен в сплошных существенно лепидолитовых зонах жил при разведке Шерловой копи. Также по сведениям А.С. Таланцева [201], олигоклаз был найден А.Е. Ферсманом на контакте этой же жилы с серпентинитами. При этом минерал слагал неяснографическую кварц-олигоклазовую зону с шерлом и мусковитом (мощностью 10-40 см). В изученных автором лепидолит-альбитовых пегматитах олигоклаз встречен не был.

Ортоклаз. Ранее в литиеносных пегматитах о данном минерале упоминал (без какого-либо его описания) А.Е. Ферсман [208]. Установлен автором совместно с Ю.В. Ерохиным, в

двух пробах (48л/11 и 47-13л/11), с помощью метода рентгенофазового анализа (аналитик О.Л. Галахова, лаборатория ФХМИ, ИГГ УрО РАН). При этом, крупнозернистый калишпат отбирался из эльбаит-лепидолит-полевошпатового агрегата Хитничей жилы. Цвет минерала от серого до серовато-желтого. Ортоклаз содержит включения альбита. Минерал найден нами благодаря своему серому цвету и свечению (слабый темно-малиновый цвет) в коротковолновом ультра-фиолетовом свете.

Петалит. Найден В.И. Крыжановским в Шерловой копи [35]. Петалит в основном представлен в виде гнездо-, линзо- и прожилковидных бесцветных, участками прозрачных выделений, достигающих по удлинению 20 см. Минерал ассоциирует с микроклином, серым кварцем, зеленоватым мусковитом и мелкочешуйчатым сиреневым лепидолитом [163]. Первое описание петалита с Липовки было сделано Г.Н. Вертушковым и Ф.Ф. Борисковым [19] в 1972 году. По их данным, минерал образует прожилки (мощностью до 4 см) в серпентините. При этом петалит частично замещен агрегатами альбита и слюды. Также краткие сведения о находке этого минерала в липовских литиеносных пегматитах приведены в отчете [142]. В изученных автором лепидолит-альбитовых пегматитах петалит встречен не был, даже, несмотря на его основательные поиски с помощью рентгенофазового метода и ультрафиолета.

Данбурит. Единственную находку этого минерала, в виде обломка кристалла, по сведениям В.В. Мельницкого [130], сделал Ю.Ф. Погоня. Минерал по его данным представлен обломком кристалла ярко-винно-желтого цвета с продольной штриховкой на гранях призмы, ассоциирует с полевым шпатом, бериллом, топазом, турмалином и лепидолитом. Автором данный минерал встречен не был.

Поллуцит. По данным отчета [142], минерал обычно встречается в виде неправильных зерен, реже в виде сростков совершенно бесцветных и прозрачных кристаллов (с видимыми следами растворения). Поллуцит встречен в жиле Топоркова (штрек «Северный» № 1), в зоне зернистого каолинизированного альбита (рудная зона), эта зона распространена в центральной части жилы и прослеживается довольно постоянно. Она представлена глинизированным кварц-альбитовым комплексом с редкими иголочками бесцветного турмалина. Здесь же встречены кристаллы дымчатого кварца, а в нескольких метрах ниже по штреку появляется лепидолит [142]. Автором данный минерал встречен не был.

Гармотом. Обнаружен И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой [163] в виде обильных удлиненных вростков до 0,5 мм в петалите из Шерловой копи. Этот бариевый цеолит ими диагностирован по химическому составу, порошковой рентгенограмме и ИК-спектру. По их данным гармотом замещает петалит, в основном вдоль трещин спайности [163].

Монацит-(Ce). В лепидолит-альбитовых пегматитах данного объекта минерал найден автором диссертации совместно с Ю.В. Ерохиным впервые. Монацит располагается в

интерстиции зерен турмалина в лепидолитовой кипелке Хитничей жилы (обр. 19л/12) и ассоциирует с марганцовистым апатитом. Более полное описание и вариации химического состава Th-Ca-содержащего монацита-(Ce), сделанные с помощью микрозондового анализа, приведены в Главе 6.3 данной работы.

Фторапатит. Присутствие синего фторапатита (или просто апатита) в пегматитах Липовского жильного поля достаточно часто упоминается в открытой литературе. Еще А.Е. Ферсман посетивший Липовские копи в 1912-1916 годах, в своей работе [208] упоминал васильково-синий апатит в ассоциации с рубеллитом. По сведениям Э.Ф. Емлина с соавторами [44], синий апатит сопровождает розовый турмалин и лепидолит в глинистой массе цементирующей полости. По [163] фторапатит наблюдался в крупных жилах Шерловой копи, в виде голубых (до синих) гексагонально-призматических кристаллов (до 1 см), в ассоциации с кварцем, альбитом, эльбаитом и лепидолитом. Но каких-либо химических составов апатита с Липовки приведено не было.

Нами [48], темно-синий апатит обнаружен в Хитничей жиле, в крупных индивидах кремового калиевого полевого шпата (размером до 5 см), видимо из блоковой зоны микроклина, с пертитовым распадом и мелкими (до 1 мм) включениями темно-синего минерала. Минерал образует включения в матрице микроклина (рисунок 5.3.29) и ассоциирует с альбитом, лепидолитом, вторичным хлоритом, а также высоко марганцовистыми танталониобатами (манганоколумбитом и манганотанталитом) и спессартином [48].

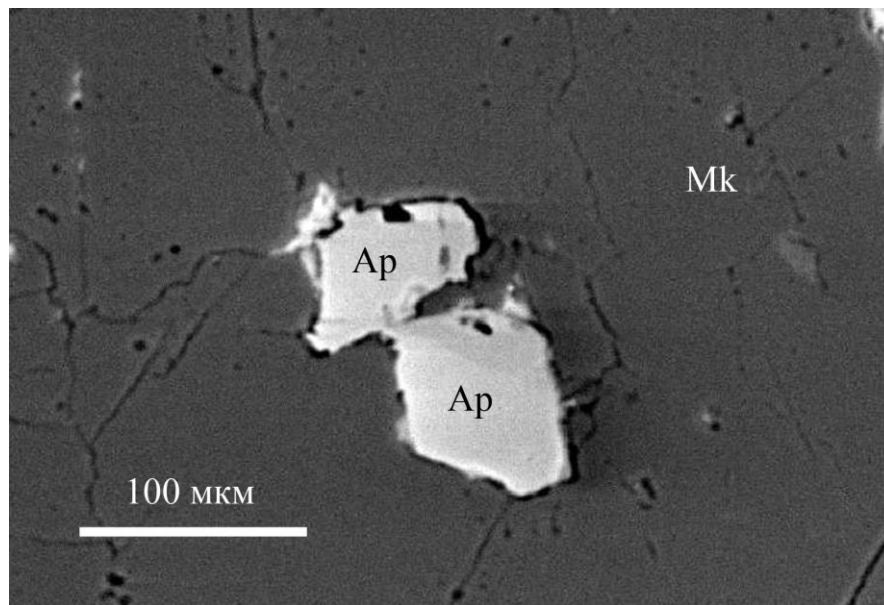


Рисунок 5.3.29 – Зерна апатита (Ap) в микроклинe (Mk) (снимок BSE, Cameca SX 100)

По нашим данным [48], в шлифе апатит образует индивиды с гексагональным сечением, иногда в виде сростков состоящих из двух-трех зерен. Под пучком микрозонда фосфат интенсивно светится зеленоватым цветом, особенно в краевых зонах. По данным микрозондового анализа (таблица 5.3.30) минерал относится к предельному фторапатиту, так

как содержание фтора достигает 4,3 мас.% и отличается высокими содержаниями марганца (MnO до 9,1 мас.%). При картировании зерен отчетливо видно, что центральная часть индивидов марганцовистая (с варьированием MnO от 6 до 9%), а в краевых зонах количество марганца резко падает до 2,4-3,1 мас.% MnO. Интересно, что по фтору также отмечается зональность, от центра к краю он постепенно нарастает. Границы между этими фазами ровные и совпадают с морфологией кристалла, что говорит не о замещении, а простом дорастании обедненной марганцем фазы апатита [48].

Таблица 5.3.30 – Химический состав (в мас.%) фторапатита, по нашим данным [48]

Эл-ты	1ц	1кр	2ц	2пр	2кр	3ц	3пр1	3пр2	3кр1	3кр2
P ₂ O ₅	42,19	42,42	41,91	41,84	42,62	42,24	42,07	41,78	42,30	42,93
SiO ₂	0,06	0,12	0,04	0,14	0,11	0,03	0,03	0,06	0,11	0,14
Al ₂ O ₃	0,01	0,04	0,03	0,03	0,02	-	-	-	0,01	0,03
MnO	7,85	6,24	6,83	6,16	2,43	8,90	9,11	8,47	7,84	3,00
CaO	48,72	49,91	49,35	49,90	53,96	47,47	47,62	47,85	48,54	53,00
Na ₂ O	0,03	-	-	-	-	0,04	0,01	-	-	0,01
K ₂ O	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,08	0,13
F	3,85	3,92	3,80	3,60	4,11	3,57	3,47	3,61	3,82	4,34
Cl	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-
O≡F ₂	-1,62	-1,65	-1,60	-1,52	-1,73	-1,50	-1,46	-1,52	-1,61	-1,83
Сумма	101,05	100,96	100,33	100,18	101,50	100,75	100,85	100,30	101,00	101,58
Кристаллохимические формулы										
1ц	(Ca _{4.40} Mn _{0.56}) _{4.96} [(P _{3.01} Si _{0.01}) _{3.02} O ₄]F _{1.02}									
1кр	(Ca _{4.49} Mn _{0.45}) _{4.94} [(P _{3.01} Si _{0.01}) _{3.02} O ₄]F _{1.04}									
2ц	(Ca _{4.48} Mn _{0.49}) _{4.97} [P _{3.01} O ₄]F _{1.02}									
2пр	(Ca _{4.54} Mn _{0.44}) _{4.98} [(P _{3.01} Si _{0.01}) _{3.02} O ₄]F _{0.97} OH _{0.03}									
2кр	(Ca _{4.80} Mn _{0.17}) _{4.97} [(P _{3.00} Si _{0.01}) _{3.01} O ₄]F _{1.07}									
3ц	(Ca _{4.30} Mn _{0.64}) _{4.94} [P _{3.03} O ₄]F _{0.97} OH _{0.03}									
3пр1	(Ca _{4.32} Mn _{0.66}) _{4.98} [P _{3.02} O ₄]F _{0.93} OH _{0.07}									
3пр2	(Ca _{4.37} Mn _{0.61}) _{4.98} [(P _{3.01} Si _{0.01}) _{3.02} O ₄]F _{0.97} OH _{0.03}									
3кр1	(Ca _{4.38} Mn _{0.56} K _{0.01}) _{4.95} [(P _{3.02} Si _{0.01}) _{3.03} O ₄]F _{1.02}									
3кр2	(Ca _{4.70} Mn _{0.21} K _{0.02}) _{4.93} [(P _{3.01} Si _{0.01}) _{3.02} O ₄]F _{1.13}									

Примечание – микроанализатор Сатеса SX 100, аналитик В.В. Хиллер; ц – центр зерна, пр – промежуточная зона, кр – край зерна.

Вхождение сидерофильного элемента в структуру апатита, по литературным данным [238 и др.], возможно в виде двух- и пятивалентного металла. Первый тип замещает позицию кальция, а второй – позицию фосфора, причем именно с вхождением пятивалентного марганца связывается синяя окраска апатита. Нами [48], был построен график отношения CaO-MnO (рисунок 5.3.30), где точки анализов показали практически прямую обратную зависимость, т.е. вероятно весь марганец в липовском фторапатите входит в позицию кальция. Косвенно это подтверждается кристаллохимическими пересчетами минерала, из которых видно, что позиция фосфора полностью заполнена и не содержит каких-либо вакансий [48].

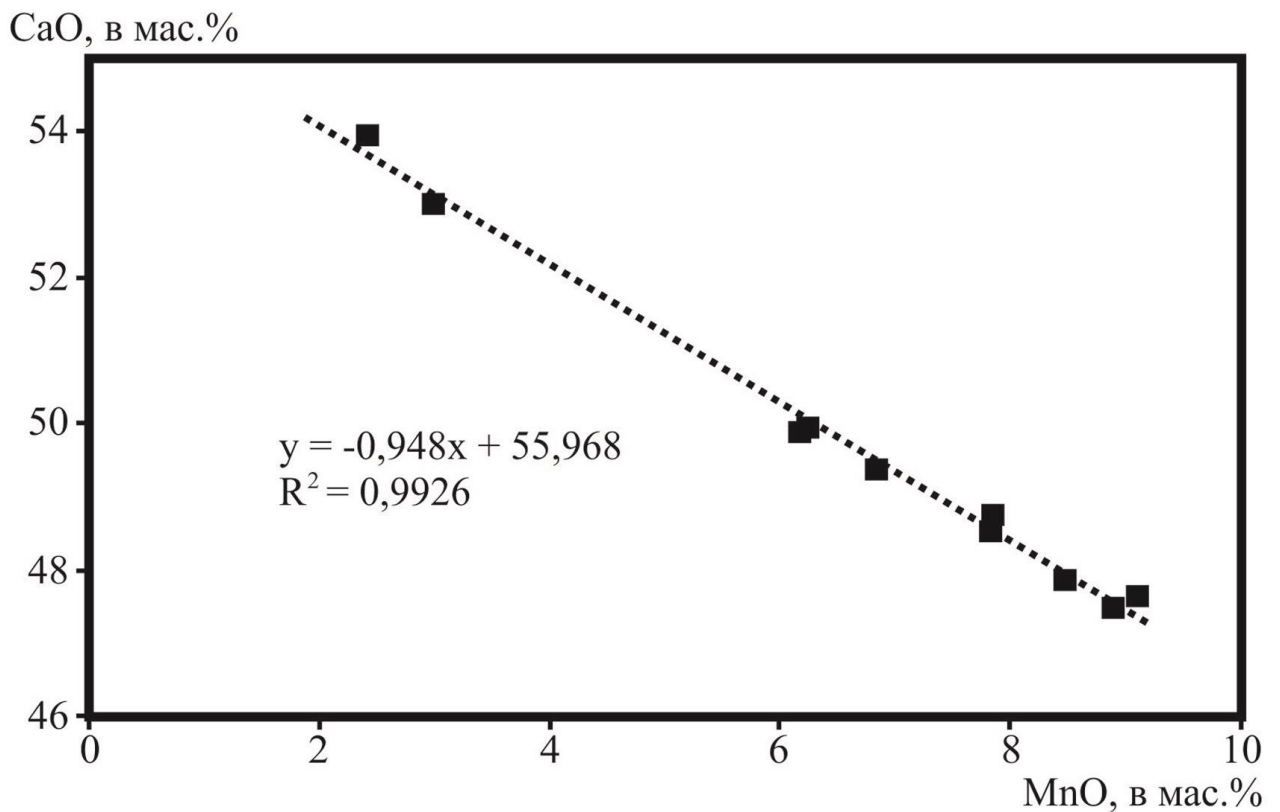


Рисунок 5.3.30 – Зависимость содержаний CaO и MnO в апатите, наши данные [48]

Чералит (устаревшее название брабантит). Минерал найден И.В. Пековым [161] в Михеевской жиле, он отличается повышенным содержанием висмута и ассоциирует с стибиоколумбитом, манганоколумбитом, стибиотанталитом и висмутотанталитом. Его полное описание приведено в работах [161, 163], при этом его висмутовая разновидность, встречена в природе впервые.

Ксенотим-(Y). В лепидолит-альбитовых пегматитах Липовского жильного поля минерал найден и описан автором с коллегами [78] впервые. В зоне графического пегматита Хитничьей жилы нами были обнаружены скопления ксенотима в виде включений в лейстах лепидолита (рисунок 5.3.31), в ассоциации с цирконом и уранинитом. Размер скоплений фосфата иттрия не превышает 100 мкм. Ксенотим встречается достаточно редко и образует мелкие выделения,

особенно в сравнении со своим аналогом из гранитных топаз-берилловых пегматитов. Никаких закономерных сростаний с цирконом нами не отмечалось. В ксенотиме найдены лишь мелкие включения циркона (рисунок 5.3.31). Также встречаются зерна фосфата иттрия, образующие сростания с уранинитом [78].

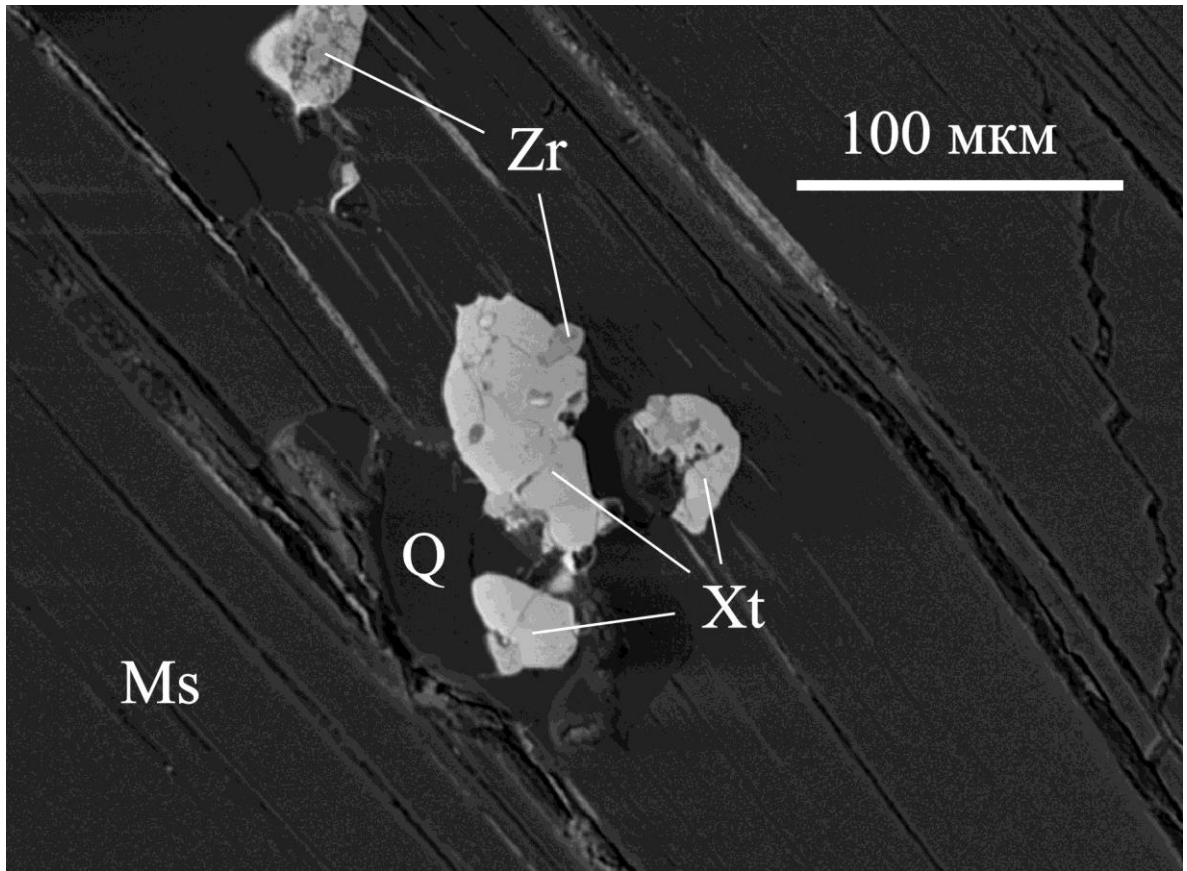


Рисунок 5.3.31 – Скопления зерен ксенотима (Xt) с включениями циркона (Zr) в кварце (Q) и слюде (Ms), в матрице пегматита; BSE-изображение, Cameca SX 100 [78]

По полученным нами [78] данным микрозондового анализа (таблица 5.3.31), ксенотим относится к иттриевой разновидности и отличается сложным составом. Количество Y_2O_3 в минерале варьирует в пределах 39-40 мас.%, что соответствует 0,67-0,71 ф.ед. и это очень близко содержанию иттрия в фосфате из гранитных топаз-берилловых пегматитов. В ксенотиме из лепидолит-альбитовых пегматитов присутствует значительное количество редких земель (до 22 мас.%), при этом основная их часть приходится на долю тяжелых лантаноидов. Так, например, отмечаются значительные примеси диспрозия (Dy_2O_3 до 6,02 мас.%), гадолиния (Gd_2O_3 до 5,56 мас.%), иттербия (Yb_2O_3 до 4,07 мас.%) и эрбия (Er_2O_3 до 3,33 мас.%). Из других примесей в минерале можно отметить повышенные содержания урана (UO_2 до 2,8 мас.%), тория (ThO_2 до 1,1 мас.%) и кремнезема (SiO_2 до 1,0 мас.%) [78].

Таблица 5.3.31 – Химический состав (в мас.%) ксенотима из Липовки, по [78]

Эл-ты	1	2	3	4	5	6	7
P ₂ O ₅	34,28	33,95	34,23	33,84	34,48	34,33	34,11
ThO ₂	0,71	0,89	0,82	0,95	1,05	0,69	0,70
UO ₂	1,50	1,99	1,72	2,11	1,98	2,81	1,36
SiO ₂	0,64	0,57	0,67	0,67	1,00	0,59	0,73
Y ₂ O ₃	39,53	39,88	39,41	39,70	38,62	38,78	39,58
Ce ₂ O ₃	0,14	0,06	0,03	0,05	0,09	0,05	0,05
Nd ₂ O ₃	0,48	0,43	0,45	0,42	0,51	0,47	0,54
Sm ₂ O ₃	1,06	0,95	1,10	1,03	0,86	0,99	1,07
Gd ₂ O ₃	5,21	5,56	5,13	5,10	5,06	5,22	5,44
Tb ₂ O ₃	0,77	0,94	0,83	0,78	1,02	0,95	1,02
Dy ₂ O ₃	6,00	5,79	5,81	5,92	6,02	5,85	5,83
Ho ₂ O ₃	0,85	1,02	0,89	0,95	1,04	0,91	0,95
Er ₂ O ₃	3,29	3,08	3,33	3,11	3,24	3,09	3,28
Yb ₂ O ₃	3,94	4,04	3,91	3,89	4,07	3,95	4,01
Lu ₂ O ₃	0,56	0,49	0,54	0,48	0,49	0,57	0,46
PbO	0,06	0,13	0,10	0,13	0,08	0,10	0,07
CaO	0,11	0,13	0,14	0,19	0,24	0,13	0,10
Сумма	99,13	99,90	99,10	99,33	99,85	99,49	99,31
Кристаллохимические формулы ксенотима в пересчете на 2 катиона							
1	(Y _{0.70} Dy _{0.06} Gd _{0.06} Yb _{0.04} Er _{0.04} U _{0.02} Ca _{0.01} Th _{0.01} Nd _{0.01} Sm _{0.01} Ho _{0.01} Tb _{0.01} Lu _{0.01}) _{0.99} [(P _{0.97} Si _{0.04}) _{1.01} O ₄]						
2	(Y _{0.71} Dy _{0.06} Gd _{0.06} Yb _{0.04} Er _{0.03} U _{0.03} Ca _{0.01} Th _{0.01} Nd _{0.01} Sm _{0.01} Ho _{0.01} Tb _{0.01} Lu _{0.01}) _{1.00} [(P _{0.96} Si _{0.04}) _{1.00} O ₄]						
3	(Y _{0.70} Dy _{0.06} Gd _{0.06} Yb _{0.04} Er _{0.04} U _{0.03} Ca _{0.01} Th _{0.01} Nd _{0.01} Sm _{0.01} Ho _{0.01} Tb _{0.01} Lu _{0.01}) _{1.00} [(P _{0.96} Si _{0.04}) _{1.00} O ₄]						
4	(Y _{0.70} Dy _{0.06} Gd _{0.06} Yb _{0.04} Er _{0.03} U _{0.03} Ca _{0.01} Th _{0.01} Nd _{0.01} Sm _{0.01} Ho _{0.01} Tb _{0.01} Lu _{0.01}) _{0.99} [(P _{0.96} Si _{0.05}) _{1.01} O ₄]						
5	(Y _{0.67} Dy _{0.06} Gd _{0.06} Yb _{0.04} Er _{0.03} U _{0.03} Ca _{0.02} Th _{0.02} Nd _{0.01} Sm _{0.01} Ho _{0.01} Tb _{0.01} Lu _{0.01}) _{0.98} [(P _{0.96} Si _{0.06}) _{1.02} O ₄]						
6	(Y _{0.69} Dy _{0.06} Gd _{0.06} Yb _{0.04} U _{0.04} Er _{0.03} Ca _{0.01} Th _{0.01} Nd _{0.01} Sm _{0.01} Ho _{0.01} Tb _{0.01} Lu _{0.01}) _{0.99} [(P _{0.97} Si _{0.04}) _{1.01} O ₄]						
7	(Y _{0.70} Dy _{0.06} Gd _{0.06} Yb _{0.04} Er _{0.03} U _{0.02} Ca _{0.01} Th _{0.01} Nd _{0.01} Sm _{0.01} Ho _{0.01} Tb _{0.01} Lu _{0.01}) _{0.98} [(P _{0.97} Si _{0.05}) _{1.02} O ₄]						

Примечание - ИГГ УрО РАН, микроанализатор Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

5.4 Выводы по Главе 5

В результате изучения минералогии гранитных пегматитов и плагиоклазитов Липовского жильного поля, было установлено 26 ранее не известных для пегматитов объекта минералов, а также составлен их минеральный перечень (приведен в Главе 1) и выделены геохимические особенности типоморфных минералов. Это позволило получить дополнительные сведения о формировании этих тел, а также провести разделение пегматитов на два типа: топаз-берилловые и лепидолит-альбитовые.

В топаз-берилловых пегматитах найдены: золото, серебро, медь, свинец, висмут, рутил-(Nb), цинкохегбомит, литиофорит, плюмбопироксид, циркон, коффинит, ксенотим-(Y), монацит-(Ce) и галенит. По минералого-геохимическим особенностям эти пегматиты относятся к NYF (ниобий-итрий-фтористому) типу.

В лепидолит-альбитовых пегматитах найдены: золото, серебро, медь, свинец, рутил-(Ta), циркон, полилитионит, стевенсит, фтор-эльбаит, фторнатромикролит, фторкальциомикролит, монацит-(Ce) и ксенотим-(Y). По минералого-геохимическим особенностям эти пегматиты относятся к LCT (литий-цезий-танталовому) типу.

В плагиоклазитах найдены: ториянит, шпинель, пирохлор, уранпирохлор, ишикаваит, анортит, сепиолит, барит и пирит.

ГЛАВА 6 ВОЗРАСТ ГРАНИТНЫХ ПЕГМАТИТОВ И ПЛАГИОКЛАЗИТОВ ЛИПОВСКОГО ЖИЛЬНОГО ПОЛЯ

6.1 Возраст гранитных (топаз-берилловых) пегматитов

Ранее никаких данных о возрасте Липовских жильных тел в литературе не приводилось.

Нами была сделана попытка изотопной датировки акцессорных цирконов из нескольких тел гранитных (топаз-берилловых) пегматитов Липовского жильного поля. К сожалению, выделенные нами цирконы по данным Центра изотопных исследований ВСЕГЕИ (г. Санкт-Петербург) оказались метамиктными, с аномально высокими содержаниями урана и тория, из-за чего изотопное U-Pb-датирование провести не удалось. Вследствие этого, нам пришлось прибегнуть к методу СНИМЕ (химического Th-U-Pb_{общ} датирования) акцессорных радиоактивных минералов пегматитов.

Методом СНИМЕ в гранитном пегматите (Дюмортьеритовой жилы) нами были изучены монацит, коффинит и уранинит [240].

По нашим данным [240], монацит образует в матрице породы достаточно крупные (до 100-200 мкм) округлые и овальные зерна. По химическому составу фосфат РЗЭ относится к цериевой разновидности (таблица 6.1.1) и характеризуется высокими содержаниями тория (ThO₂ до 13 мас.%), урана (UO₂ до 0,8 мас.%) и свинца (PbO до 0,17 мас.%). При химическом датировании методом СНИМЕ (по данным 10 анализов), монацит показал разбег возрастов от 251 до 294 млн лет, при погрешности ± 19 млн лет. Средний возраст фосфата РЗЭ составляет 274 ± 19 млн лет. Близкий возраст показал и коффинит, который слагает мелкие округлые индивиды размером до 5-10 мкм в сростании с более крупными зернами циркона в матрице кварца. Химический состав минерала (таблица 6.1.1) показывает высокие примеси тория (ThO₂ до 2,3 мас.%), иттрия (Y₂O₃ до 10 мас.%) и свинца (PbO до 2,6 мас.%). Небольшие вариации в сумме компонентов, а также в содержании кремнезема вызваны мелким размером индивидов коффинита, которые иногда не превышают радиуса электронного пучка [53]. При расчете возраста методом СНИМЕ, 7 измерений зерна коффинита дали интервал датировок 265-271 млн лет, при среднем значении 269 ± 7 млн лет [240].

Уранинит установлен нами [240], в виде включений, в сростаниях циркона с ксенотимом. Он образует мелкие зерна размером до 20-25 мкм. По данным микрозондового анализа (таблица 6.1.1) минерал отличается высокими содержаниями тория, свинца и иттрия. Сумма состава анализов обычно не превышает 96,5-97,0 мас.%, что позволяет говорить о возможном присутствии в минерале шестивалентного урана и воды. Рассчитанный по единичным измерениям методом СНИМЕ, возраст уранинита попадает в узкий интервал значений 263-267 млн лет, при среднем значении $265,5 \pm 5,0$ млн лет [240].

Таблица 6.1.1 – Химический состав (в мас.%) монацита, уранинита и коффинита из гранитных пегматитов Липовки, наши данные [240]

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
оксид	монацит				уранинит			коффинит		
ThO ₂	6,87	6,55	12,66	11,84	5,46	5,58	5,59	2,33	2,13	2,14
UO ₂	0,75	0,77	0,90	0,64	85,09	85,20	85,14	65,12	69,06	69,88
PbO	0,10	0,11	0,17	0,15	3,11	3,13	3,16	2,37	2,56	2,60
SiO ₂	0,34	0,33	0,46	0,80	0,61	0,66	0,64	16,45	15,57	17,62
P ₂ O ₅	28,82	29,13	28,77	28,29	0,04	0,03	0,04	-	-	-
CaO	1,41	1,35	2,43	2,07	0,74	0,76	0,76	-	-	-
Y ₂ O ₃	2,18	2,20	2,19	2,21	1,04	1,07	1,05	9,84	6,09	5,33
Ce ₂ O ₃	27,06	27,34	23,07	24,65	0,13	0,19	0,01	0,06	0,05	0,08
La ₂ O ₃	12,10	11,95	10,57	11,19	-	0,03	0,06	-	-	-
Nd ₂ O ₃	10,88	10,77	9,56	10,01	0,24	0,18	0,18	-	-	-
Pr ₂ O ₃	3,09	3,13	2,67	3,01	-	-	-	-	-	-
Sm ₂ O ₃	3,17	3,39	3,38	3,01	-	-	-	-	-	-
Gd ₂ O ₃	2,28	2,27	2,42	1,81	-	-	-	-	-	-
Dy ₂ O ₃	0,69	0,77	0,77	0,45	-	-	-	-	-	-
Eu ₂ O ₃	0,03	0,04	0,16	0,05	-	-	-	-	-	-
Сумма	99,80	100,09	100,16	100,19	96,47	96,83	96,65	96,18	95,47	97,66

Примечание – Анализы (выборка из 25 точек) сделаны на Cameca SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Выявленная нами [61, 240], низкая погрешность в возрасте уранинита устанавливается за счет высокой концентрации свинца, а достоверность определения датировки объясняется крайне ничтожным количеством нерадиогенного свинца на фоне его общего содержания. В целом, полученные датировки коффинита хорошо соотносятся с возрастными данными, полученными для уранинита. Более высокая погрешность возраста в коффините связана с меньшим содержанием урана (и соответственно радиогенного свинца) в минерале. Для уранинита и коффинита с помощью метода СИМЕ (химического Th-U-Pb_{общ} датирования) установлен среднепермский возраст. По всей видимости, сами гранитные пегматиты также относятся к установленному временному интервалу [61]. В результате возраст гранитных пегматитов достаточно надежно определен методом СИМЕ по тройной (уранинит-коффинит-монацитовый) минеральной изохроне – $266,4 \pm 2,6$ млн лет (рисунок 6.1.1) [84, 240].

Для подтверждения полученного возраста гранитных пегматитов, мы [53] дополнительно провели изотопное K-Ar датирование слюд из разных пегматитов. Полученные

результаты К-Аг датирования слюд позволяют определять возраст пегматитов как пермский, причем основная часть анализов попадает в интервал поздней перми (таблица 6.1.2).

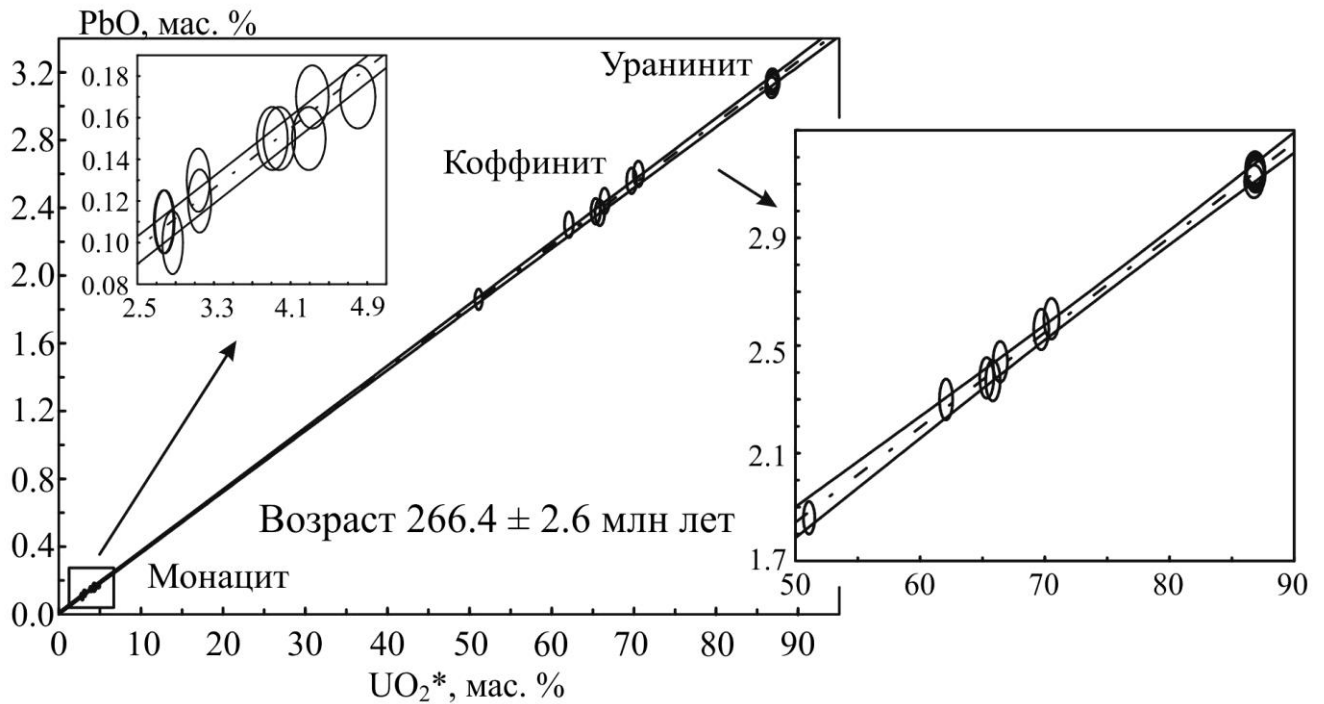


Рисунок 6.1.1 – Трехминеральная изохрона с уранинитом, коффинитом и монацитом (полученная методом СНИМЕ, на микроанализаторе Cameca SX 100, в ИГГ УрО РАН)

Интересно, что мусковит и лепидолит, несмотря на сильные различия по химическому составу, показывают практически одинаковые датировки. Средний возраст слюд по 5 анализам соответствует 261 ± 6 млн лет [53]. В целом, возраста слюд полностью согласуются с данными полученными методом СНИМЕ (химического Th-U-Pb_{общ} датирования по радиоактивным акцессорным минералам).

Таблица 6.1.2 – Результаты К-Аг датирования слюд из гранитных (топаз-берилловых) пегматитов Липовского месторождения, по нашим данным [53]

№ образца	Минерал	К, %	Аг _{рад} , нг/г	t, млн лет
Ад-64	мусковит	8,11	178	290
Ад-68	мусковит	8,02	150	251
Ад-69	мусковит	8,15	152	251
Ад-70-1	мусковит	8,14	156	255

Примечание – Аналитик Б.А. Калеганов, ИГГ УрО РАН.

6.2 Возраст плагиоклазитовых (десилицированных) тел

Ранее для плагиоклазитовых жил Липовского пегматитового поля никаких датировок не приводилось. Для этой цели автором были изучены, с помощью метода СИМЕ (химического Th-U-Pb_{общ} датирования), акцессорные монацит и уранинит.

По данным автора и В.В. Хиллер [259], монацит слагает мелкие (до 50 мкм по удлинению) зерна распыленные в некоторых частях плагиоклазитовых жил. Форма зерен корродированная округлая или овальная, иногда со следами огранки (рисунок 6.2.1).

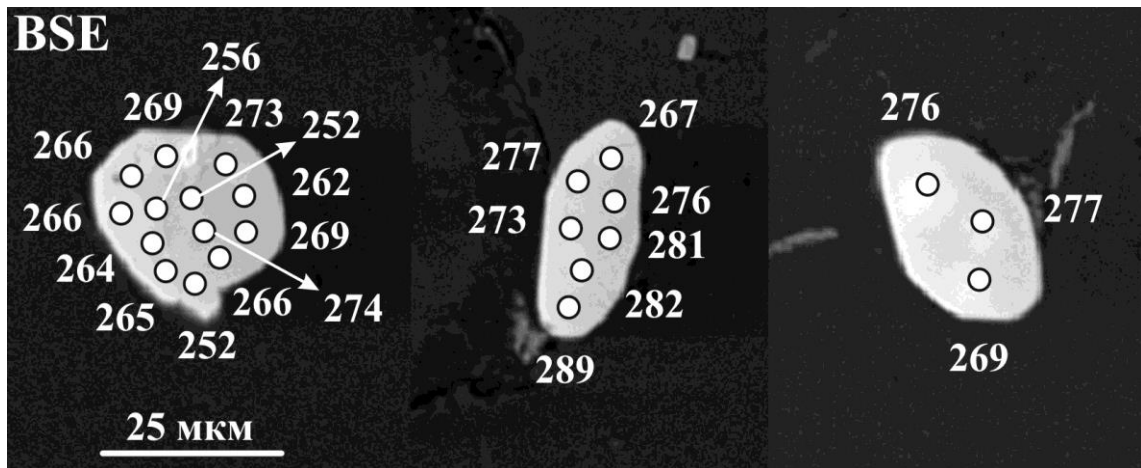


Рисунок 6.2.1 – BSE-фото зерен монацита из плагиоклазитовых жил, с вынесенными точечными датировками (микроанализатор CAMECA SX 100, аналитик В.В. Хиллер)

По химическому составу фосфат РЗЭ относится к цериевой разновидности (таблица 6.2.1) и характеризуется высокими содержаниями тория (ThO₂ до 13,4 мас.%), урана (UO₂ до 0,8 мас.%) и свинца (PbO до 0,18 мас.%). При датировании методом СИМЕ (по данным 23 анализов), монацит-(Ce) показал разбег возрастов от 252 до 282 млн лет. Средневзвешенный возраст фосфата РЗЭ (рисунок 6.2.2а) составляет $269,3 \pm 7,8$ млн лет [259].

Нами выполнено [240] построение зависимости ThO₂*-PbO, при этом видно, что точки анализа акцессорных монацитов ложатся на одну прямую (или изохрону), это говорит об их единовременном образовании. Расчёт возраста по углу наклона изохроны даёт датировку 266 ± 17 млн лет, СКВО = 0,79, вероятность = 0,95 (рисунок 6.2.2б). Эта датировка очень напоминает полученный нами возраст для монацита из гранитных топаз-берилловых пегматитов – $266,4 \pm 2,6$ млн лет [240]. Вполне вероятно, что данный акцессорный монацит является реликтовым, сохранившимся при десиликации гранитного пегматита. В пользу этой гипотезы говорит то, что монацит в плагиоклазитовых жилах встречается редко и образует скопления мелких зерен только в некоторых частях жил, а также то, что он является ксеноморфным [259].

Таблица 6.2.1 – Химический состав (в мас.%) и возраст монацита из плагиоклазитов, по нашим данным [259]

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P ₂ O ₅	26,91	27,01	27,07	27,33	27,07	27,44	27,16	27,12	27,22	27,50	27,79	27,46
ThO ₂	12,71	12,65	13,40	13,26	12,34	12,20	12,86	12,26	12,78	13,15	11,83	12,41
UO ₂	0,44	0,43	0,49	0,46	0,45	0,45	0,48	0,46	0,48	0,49	0,76	0,49
SiO ₂	1,94	2,00	1,89	1,71	1,70	1,72	1,83	1,78	1,90	1,96	1,46	1,73
Ce ₂ O ₃	20,04	19,92	19,51	19,53	19,88	19,84	19,90	20,56	20,10	19,80	19,87	19,73
La ₂ O ₃	9,03	9,03	8,72	9,22	9,33	8,87	8,72	9,24	8,58	8,57	9,31	8,51
Nd ₂ O ₃	12,72	12,60	12,56	11,66	12,23	12,82	12,85	12,51	12,96	12,92	12,52	12,93
Pr ₂ O ₃	2,68	2,60	2,61	2,58	2,72	2,66	2,76	2,66	2,69	2,62	2,62	2,73
Sm ₂ O ₃	4,78	4,70	4,60	4,55	4,65	4,56	4,80	4,62	4,73	4,61	4,57	4,69
Gd ₂ O ₃	3,34	3,28	3,42	3,20	3,26	3,24	3,37	3,21	3,38	3,35	3,21	3,35
Dy ₂ O ₃	0,77	0,72	0,70	0,72	0,68	0,69	0,71	0,72	0,72	0,71	0,73	0,74
Y ₂ O ₃	2,30	2,11	2,22	2,20	2,23	2,31	2,22	2,26	2,27	2,27	2,26	2,28
PbO	0,16	0,16	0,17	0,17	0,15	0,15	0,16	0,15	0,17	0,17	0,16	0,16
CaO	0,89	0,90	1,19	1,37	1,02	1,04	1,08	1,02	1,06	1,27	1,39	1,18
Сумма	98,72	98,09	98,53	97,95	97,71	97,97	98,89	98,58	99,04	99,38	98,47	98,39
Age (Ma)	269	266	273	266	256	252	262	264	274	269	265	266

Продолжение таблицы 6.2.1

№	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
P ₂ O ₅	27,41	28,92	28,24	28,62	28,51	28,87	28,58	29,05	27,81	28,02	27,94
ThO ₂	12,54	8,25	10,50	7,28	10,84	9,86	10,02	8,87	9,83	11,14	7,63
UO ₂	0,48	0,69	1,26	0,80	1,27	1,31	1,30	1,03	0,38	0,47	0,40
SiO ₂	1,66	1,02	1,32	0,87	1,43	1,20	1,16	0,92	1,14	1,32	0,96
Ce ₂ O ₃	20,14	21,50	20,57	21,58	20,82	20,71	21,24	20,46	21,68	20,87	21,59
La ₂ O ₃	9,14	10,42	9,92	11,02	9,97	9,73	9,74	9,96	10,25	10,14	9,92
Nd ₂ O ₃	12,00	12,69	11,63	12,51	11,44	11,66	11,71	12,10	11,94	10,78	12,49
Pr ₂ O ₃	2,57	2,91	2,56	2,79	2,51	2,71	2,68	2,76	2,68	2,50	2,73
Sm ₂ O ₃	4,61	4,22	3,95	3,96	3,79	4,06	3,85	4,09	4,42	4,45	4,86
Gd ₂ O ₃	3,30	3,15	3,32	2,95	3,09	3,28	3,16	3,47	3,12	2,88	3,29
Dy ₂ O ₃	0,70	0,79	0,93	0,77	0,88	1,00	0,97	1,05	0,67	0,64	0,70
Y ₂ O ₃	2,26	2,66	2,81	2,73	2,95	3,27	2,91	3,40	2,09	2,10	2,17
PbO	0,15	0,12	0,17	0,11	0,18	0,16	0,17	0,15	0,13	0,15	0,10
CaO	1,28	1,07	1,44	1,08	1,42	1,38	1,39	1,26	0,88	1,24	1,02
Сумма	98,22	98,42	98,64	97,09	99,09	99,20	98,87	98,55	97,01	96,71	95,81
Age (Ma)	252	267	277	276	281	273	282	289	269	276	277

Примечание – анализы сделаны в ИГГ УрО РАН на микроанализаторе САМЕСА SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

Автором диссертации установлено [82], что уранинит, в противовес монациту, в плагиоклазитах встречается часто и даже слагает скопления, видимые невооруженным глазом.

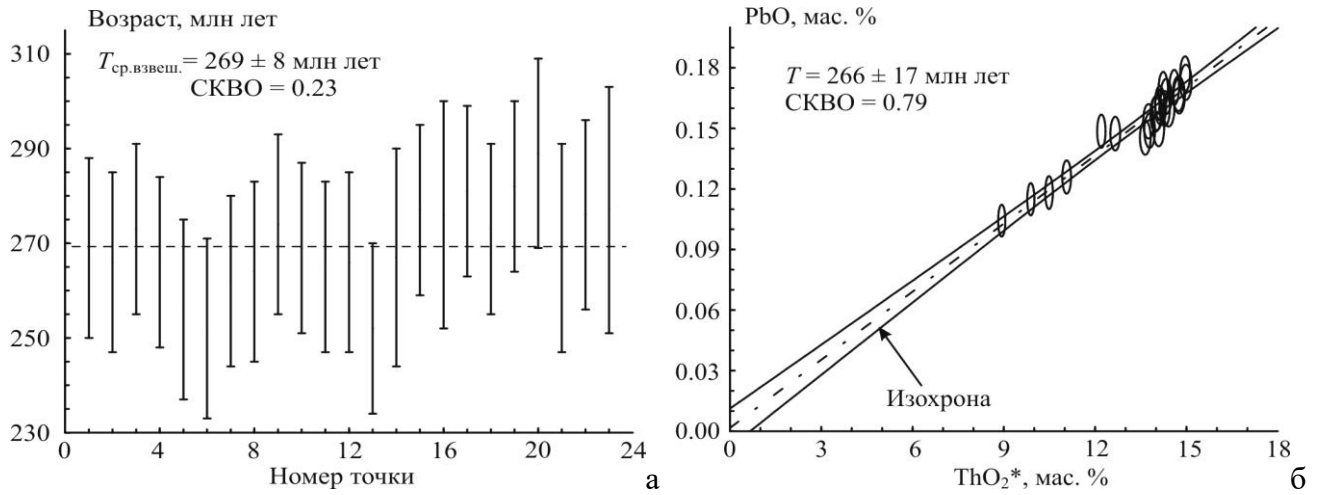


Рисунок 6.2.2 – Средневзвешенный возраст (а) и изохрона (б) по реликтовому монациту, по нашим данным [259]

При этом аксессуарные ураниниты из разных плагиоклазитов (нормальных и тектонизированных), по данным химического датирования, показывают разные возраста – 258 ± 3 и 244 ± 5 млн лет (см. средневзвешенные возраста по ураниниту (рисунок 6.2.4)) [82].

Таблица 6.2.2 – Химический состав (в мас.%) и возраст уранинита из недеформированных плагиоклазитовых жил, по нашим данным [216]

№	ThO ₂	UO ₂	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	PbO	CaO	Сумма	Age (Ma)
1	11,09	79,61	0,22	0,00	0,16	0,14	2,88	0,90	94,98	255
2	11,55	80,90	0,22	0,01	0,22	0,17	2,91	0,91	96,89	253
3	12,11	79,39	0,31	0,08	0,12	0,35	2,88	0,81	96,05	255
4	10,88	80,74	0,15	0,02	0,14	0,22	2,94	1,10	96,20	257
5	11,53	80,67	0,15	0,14	0,10	0,13	2,92	0,87	96,50	255
6	11,04	81,24	0,23	0,00	0,16	0,21	2,96	0,87	96,70	257
7	10,47	81,29	0,23	0,05	0,14	0,17	2,91	0,90	96,15	254
8	11,89	79,67	0,25	0,12	0,27	0,39	2,88	0,73	96,21	254
9	11,29	81,70	0,28	0,00	0,19	0,12	2,95	1,01	97,53	255
10	12,28	81,51	0,22	0,10	0,20	0,10	2,96	0,89	98,26	255
11	12,32	81,39	0,21	0,03	0,18	0,39	2,93	0,74	98,19	253
12	10,55	82,85	0,22	0,14	0,28	0,21	3,02	0,88	98,15	258
13	12,07	81,56	0,19	0,03	0,19	0,35	2,94	0,77	98,11	253
14	10,89	82,64	0,25	0,00	0,25	0,21	2,99	0,87	98,09	256
15	11,16	82,65	0,33	0,03	0,25	0,18	2,96	0,88	98,44	253
16	9,72	82,49	0,23	0,00	0,17	0,28	2,98	0,89	96,76	256
17	10,87	82,71	0,23	0,11	0,18	0,19	3,01	0,92	98,21	257
18	11,23	82,46	0,21	0,00	0,13	0,17	3,00	0,84	98,03	257

По нашим данным [216], в нормальных недеформированных плагиоклазитовых жилах уранинит образует рассеянную вкрапленность в анортите и слагает округлые зерна, размером до 0,5 мм (рисунок 6.2.3). Характеризуется красно-коричневыми плеохроичными двориками и

иногда содержит вторичную кайму настурана (т.е. более водного уранинита). Из-за этого матрица плагиоклаза вокруг уранового минерала разбита радиальными трещинами (при развитии настурана происходит увеличение объема уранинита). Минерал (таблица 6.2.2) содержит значительные примеси тория (ThO_2 до 11,6 мас.%) и свинца (PbO до 3,0 мас.%). Рассчитанный возраст уранинита попадает в узкий интервал 260-253 млн лет, при средневзвешенном значении $257,8 \pm 3$ млн лет (рисунок 6.2.4). Интересно, что в кайме настурана возраст минерала "падает" до 240 млн лет [216].

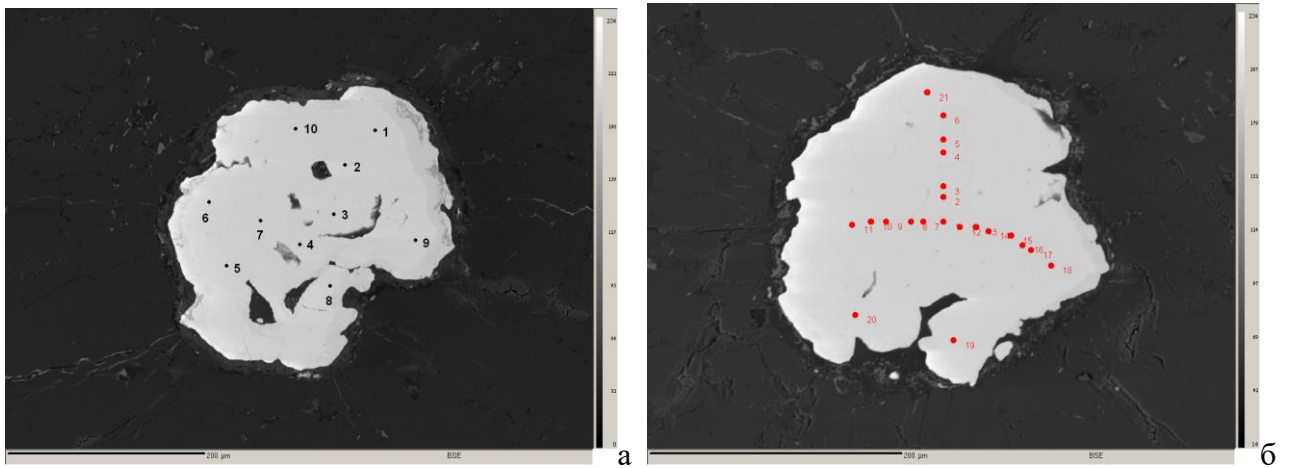


Рисунок 6.2.3 – Зерна уранинита с проставленными точками анализа для датирования (образец № 9-3л/13) (BSE-фото, микроанализатор CAMECA SX 100, аналитик В.В. Хиллер)

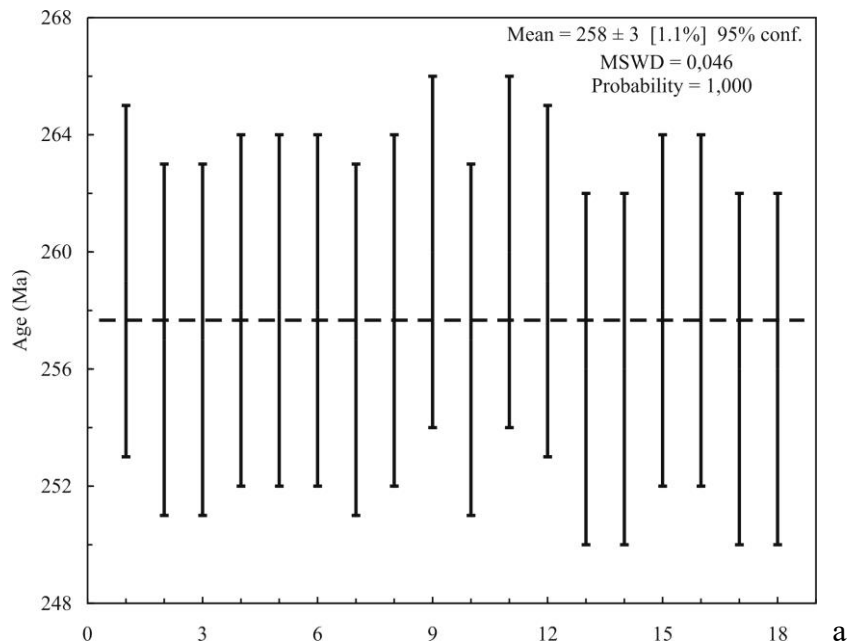


Рисунок 6.2.4 – Средневзвешенные возраста по ураниниту (образец № 9-3л/13), по нашим данным [216]

Таблица 6.2.3 – Химический состав (в мас.%) и возраст уранинита из деформированных плагиоклазитовых жил, по нашим данным [216]

№	WO ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	ThO ₂	UO ₂	Ce ₂ O ₃	Y ₂ O ₃	PbO	CaO	Сумма	Age (Ma)
1	0,37	0,80	0,11	42,32	46,76	0,24	0,52	2,03	0,52	93,67	250
2	0,41	0,70	0,14	38,54	52,45	0,26	0,56	2,13	0,38	95,56	256
3	0,56	0,75	0,00	38,42	52,74	0,01	0,58	2,22	0,39	95,66	252
4	0,39	0,86	0,08	38,46	52,60	0,00	0,60	2,33	0,44	95,76	259
5	0,43	0,90	0,02	37,76	52,79	0,04	0,60	2,25	0,46	95,23	256
6	0,64	0,85	0,00	37,54	52,91	0,15	0,54	2,12	0,54	95,28	242
7	0,54	0,39	0,31	26,34	60,89	0,07	0,05	2,27	0,36	91,22	242
8	0,65	0,35	0,05	25,86	61,27	0,00	0,00	2,33	0,32	90,82	247
9	0,58	0,32	0,13	26,74	61,75	0,04	0,37	2,35	0,41	92,62	247
10	0,62	0,36	0,07	27,55	59,62	0,02	0,00	2,29	0,42	90,95	248
11	0,61	0,43	0,00	29,15	57,71	0,01	0,26	2,19	0,72	91,08	242
12	0,40	0,81	0,00	44,75	47,71	0,06	0,10	2,04	0,39	96,25	244
13	0,38	0,91	0,00	43,15	48,79	0,08	0,41	2,03	0,36	96,11	240
14	0,52	0,37	0,00	28,65	58,49	0,00	0,25	2,18	0,45	90,91	247

По данным автора и В.В. Хиллер [259] в тектонизированных (деформированных) плагиоклазитовых жилах уранинит образует рассеянную вкрапленность в плагиоклазах и сростания с минералами группы пирохлора, слагает изометричные включения, размером до 50 мкм. Минерал приурочен к местам вторичного изменения ниоботанталатов и, по-видимому, является продуктом разрушения первичной матрицы пирохлоров, которая отличается повышенными содержаниями UO₂ (до 22 мас.%) и ThO₂ (до 8 мас.%). Состав уранинита (таблица 6.2.3) характеризуется примесями ThO₂ (от 26 до 45 мас.%), PbO (до 2,4 мас.%), Nb₂O₅ (до 0,9 мас.%) и Y₂O₃ (до 0,65 мас.%). По данным, полученным методом СИМЕ (химического Th-U-Pb_{общ} датирования), в этих уранинитах рассчитывается два возраста. В центральной части некоторых зерен получается 255 ± 10 млн лет, т.е. датировки близкие к уранинитам из недеформированных плагиоклазитовых жил. В краевых частях зерен и в некоторых отдельных индивидах (рисунок 6.2.5) рассчитывается более молодой возраст 244 ± 4 млн лет [259].

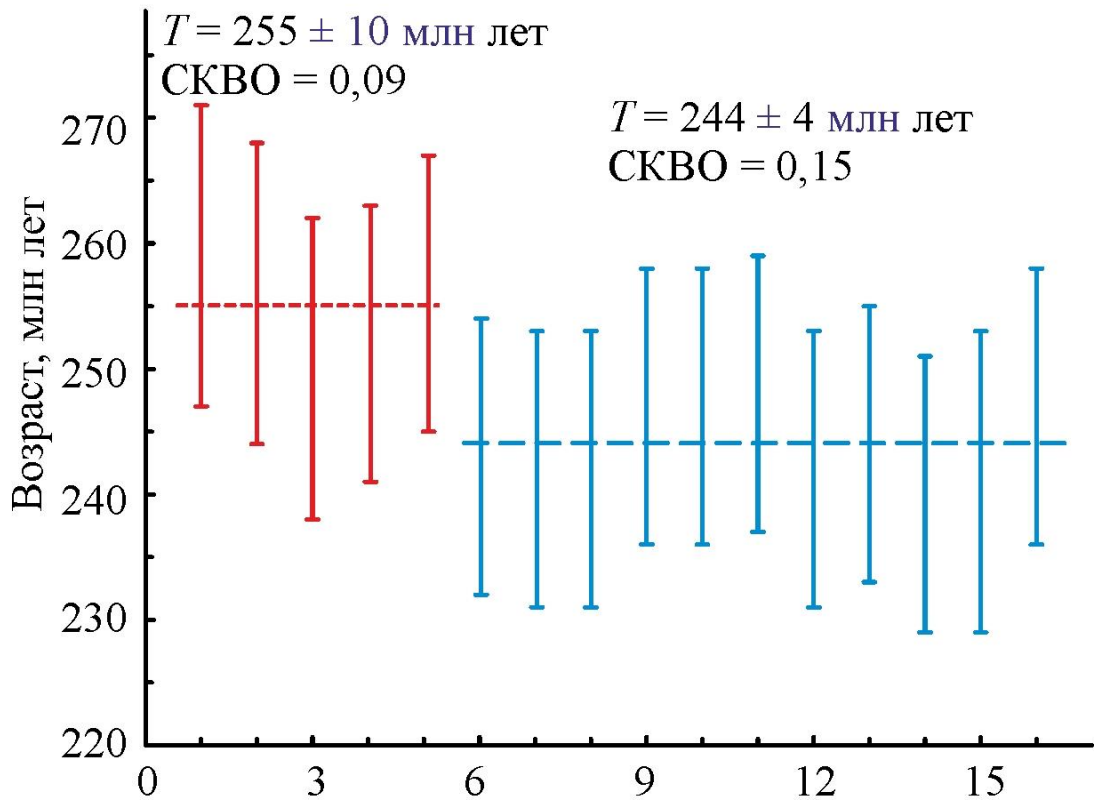


Рисунок 6.2.5 – Средневзвешенные возраста по ураниниту (образец № 15л/10), по нашим данным [216]

Таким образом, нами [82] установлено, что плагиоклазиты, по данным метода СИМЕ, показывают три возраста – 269 ± 8 млн лет (по монациту), 258 ± 3 и 244 ± 4 млн лет (обе по ураниниту). Как нам представляется [259], плагиоклазитовые тела Липовского жильного поля образовались по гранитным (топаз-берилловым) пегматитам, становление которых происходило в среднепермское время, примерно 266 млн лет назад. Из этого следует, что десиликация гранитных пегматитов происходила сразу, как только они внедрялись и прорывали тело гипербазитов. Несколько позднее при становлении литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов (примерно 258-255 млн лет назад), и при внешнем тепловом воздействии с участием флюидов из окружающих серпентинитов, плагиоклазиты испытали наложенную перекристаллизацию. Вполне вероятно, что именно в этот момент сформировались сложные метасоматические оторочки вокруг жил. Еще позднее (примерно 244 млн лет назад) в результате постколлизийных процессов некоторые плагиоклазитовые жилы подверглись тектоническим деформациям, что привело к повторной перекристаллизации (в частности акцессорного уранинита и соответственно омоложению его возраста) [259].

6.3 Возраст редкометалльных литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов

Ранее возраст литиеносных пегматитов Липовского жильного поля изучен не был. Автором была сделана попытка выделения из них акцессорных цирконов, но к сожалению,

данные цирконы, даже визуально, оказались подвергнуты сильным постмагматическим изменениям и не пригодны для проведения изотопного U-Pb-датирования.

Для восполнения этого пробела было проведено K-Ar- и Ar-Ar-датирование слюд, а также применен метод CHIME (химическое Th-U-Pb_{общ} датирование акцессорных радиоактивных минералов) для определения возраста монацита и уранинита из этих пегматитов.

K-Ar датирование слюд. На анализ автором [53, 68] было отобрано пять монофракций слюд (лепидолита и мусковита) из литиеносных пегматитов (таблица 6.3.1). А именно литиевая слюда из калишпат-лепидолит-рубеллитового агрегата (обр. Ад-65) и из внешней части зонального мусковит-лепидолитового кристалла псевдогексагонального облика (обр. Ад-70-2). Мусковиты из графического пегматита с черным и розовым турмалином (обр. Ад-68) и из жилы с зональными мусковит-лепидолитовыми кристаллами (обр. Ад-69), а также из внутренней части зонального мусковит-лепидолитового кристалла псевдогексагонального облика (обр. Ад-70-1). Среднее значение по всем этим пробам составило $t_{cp}=255 \pm 6$ млн лет (подсчитано аналитиком Б.А. Калегановым). Таким образом, K-Ar возраст слюд показал разные датировки – от 266 до 251 млн лет, что не дает однозначного ответа относительно возраста литиеносных пегматитов Липовского жильного поля [53, 68], поэтому мы решили изучить слюды с помощью более достоверного Ar-Ar-датирования.

Таблица 6.3.1 – Результаты K-Ar датирования лепидолита

№ образца	Минерал	K, %	Ar _{рад} , нг/г	t, млн лет
Ад-65	лепидолит	7,86	156	266
Ад-68	мусковит	8,02	150	251
Ад-69	мусковит	8,15	152	251
Ад-70-1	мусковит	8,14	156	255
Ад-70-2	лепидолит	8,68	164	254

Примечание – 1. Содержание калия определено рентгеноспектральным способом на спектрометре СРМ-18. 2. Содержание радиогенного аргона выполнено на масс-спектрометре МИ-1330 с использованием трассера, обогащенного изотопом Ar³⁸. 3. При расчете возрастов использованы константы, принятые в 1976 году. Аналитик Б.А. Калеганов, ИГГ УрО РАН.

Ar-Ar датирование слюд. На анализ автором [68] были отобраны две монофракции слюд из литиеносных пегматитов Липовки. Проба полилитионита была отобрана из лепидолит-альбитового агрегата (образец 1л/18), а проба мусковита из кварц-калишпатового агрегата с цветным турмалином (образец 30л/13). Возраст слюд был определен ⁴⁰Ar-³⁹Ar методом в ЦКП «Многоэлементных и изотопных исследований СО РАН» (под руководством А.В. Травина). Слюды исследовались методом ступенчатого прогрева в кварцевом реакторе с

малоинерционной печью внешнего прогрева. Облучение проб производилось в кадмированном канале исследовательского ВВР-К реактора Томского политехнического университета. Для калибровки нейтронного потока между образцами помещали навески стандартного образца биотита МСА-11 (возраст 311 млн лет). Детальнее методика описана в работе [205]. По выделенной монофракции лепидолита был получен ^{40}Ar - ^{39}Ar возраст $254,3 \pm 3,6$ млн лет (рисунок 6.3.1), а по второй пробе (монофракции мусковита) ^{40}Ar - ^{39}Ar возраст оказался $253,9 \pm 3,5$ млн лет (рисунок 6.3.2) [68, 191].

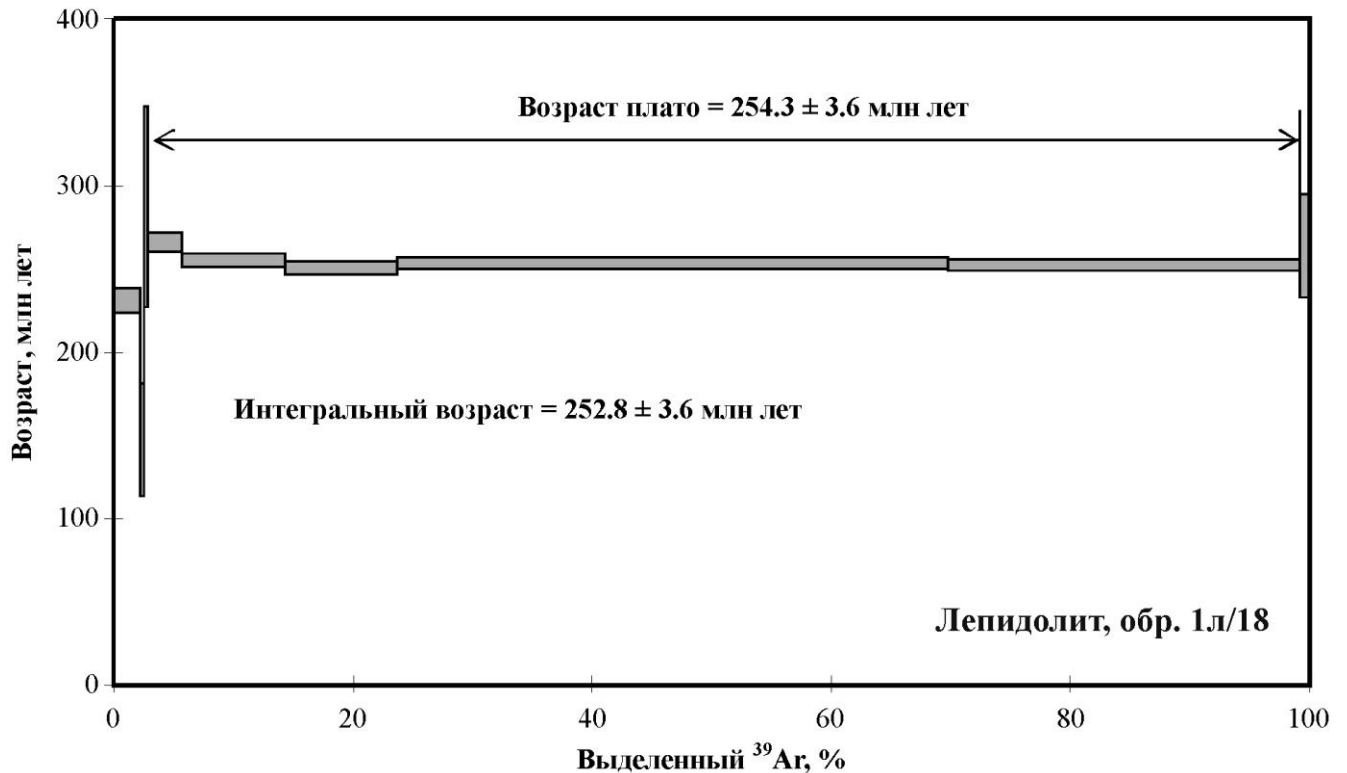


Рисунок 6.3.1 – $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрастной спектр полилитнионита из литиеносного пегматита

То есть две пробы слюд показали полную сходимость в датировке 254 млн лет и, кстати, подтвердили одно из К-Аг-определений. Данные результаты были опубликованы в наших работах [68, 191].

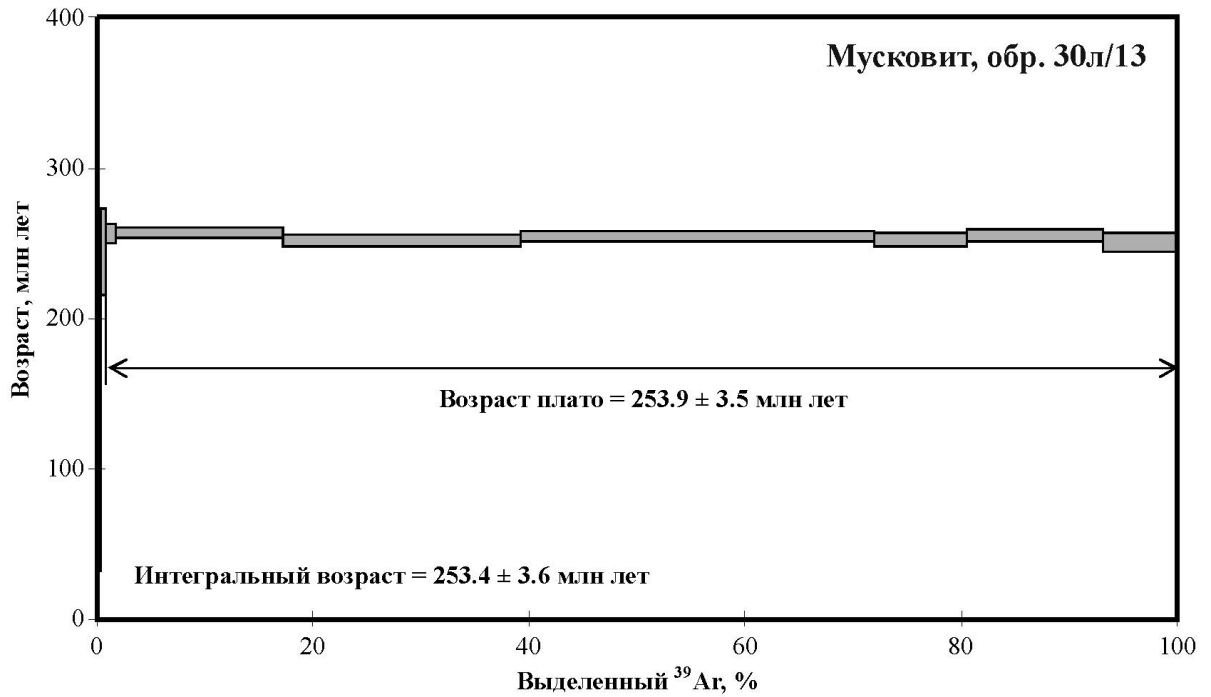


Рисунок 6.3.2 – $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ возрастной спектр мусковита из литиеносного пегматита

Датирование акцессорных минералов методом CHIME (химического Th-U-Pb_{общ.}).

Для этой цели были изучены, с помощью метода CHIME, акцессорные монацит и уранинит.

Монацит, по данным автора и В.В. Хиллер [260], образует идиоморфные зерна, размером около 100 мкм в длину и располагается между индивидами турмалина из лепидолитового агрегата, образец 19л/12 (рисунок 6.3.3).

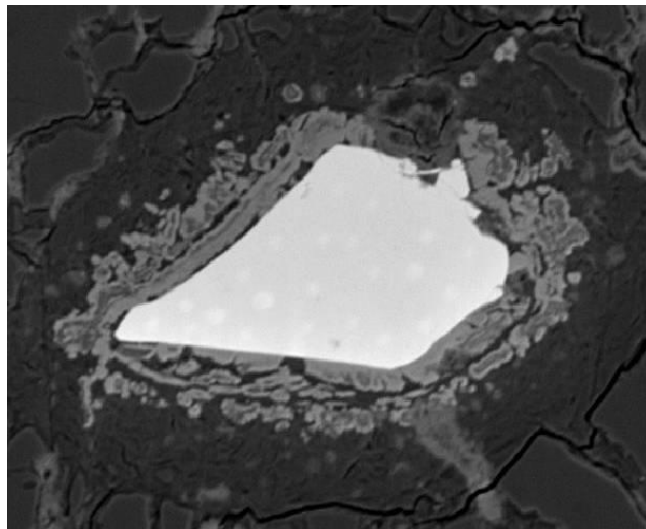


Рисунок 6.3.3 – Зерно монацита в агрегате турмалина

По составу фосфат РЗЭ относится к цериевой разновидности (таблица 6.3.2) и характеризуется высокими содержаниями тория (ThO_2 до 23,6 мас.%) и урана (UO_2 до 2,5 мас.%). Известно, что для примесей тория и урана в монаците реализуется хаттонитовый

(Th⁴⁺(U⁴⁺)+Si⁴⁺ → REE³⁺⁺P⁵⁺) и/или чералитовый (Th⁴⁺(U⁴⁺)+Ca²⁺(Sr²⁺,Ba²⁺,Pb²⁺) → 2REE³⁺) тип изоморфизма. По имеющимся анализам химического состава монацита можно утверждать, что в фосфате реализуются чералитовый типа изоморфизма. В известной работе [253] параметр $\beta = (\text{Si}+\text{Ca})/(\text{Th}+\text{U}+\text{Pb})$, характеризующий степень зарядовой компенсации примесей Th⁴⁺(U⁴⁺), рассматривался как показатель замкнутости Th-U-Pb-системы монацита: при его близости к единице система считается замкнутой. Для монацита из литиеносных жил параметр $\beta = 0,92-0,97$, что свидетельствует о замкнутости системы и значит возможности корректной оценки возраста минерала [260].

Таблица 6.3.2 – Состав монацита-(Ce) из литиеносных пегматитов Липовки, по [260]

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P ₂ O ₅	30,37	30,37	30,23	30,20	29,85	30,08	29,90	29,86	29,90	30,09
ThO ₂	22,20	21,06	19,75	20,92	21,04	20,12	20,16	19,79	20,54	19,86
UO ₂	2,37	2,39	2,54	2,15	2,07	2,48	1,91	1,90	2,45	2,52
SiO ₂	0,33	0,36	0,38	0,43	0,40	0,40	0,39	0,36	0,41	0,40
Ce ₂ O ₃	15,68	15,95	16,06	16,81	17,08	15,73	17,52	18,14	15,67	16,03
La ₂ O ₃	6,23	6,13	6,15	6,88	7,06	6,24	7,29	7,30	6,21	6,22
Nd ₂ O ₃	7,15	7,34	7,52	7,39	7,31	7,47	7,53	7,44	7,44	7,48
Pr ₂ O ₃	1,88	2,10	2,13	2,09	2,12	2,15	2,21	2,21	2,09	2,01
Sm ₂ O ₃	3,84	4,07	4,27	3,69	3,66	4,10	3,69	3,79	3,89	3,97
Gd ₂ O ₃	2,53	2,61	2,76	2,30	2,07	2,65	2,24	2,16	2,66	2,91
Dy ₂ O ₃	0,73	0,90	1,01	0,73	0,70	0,92	0,72	0,69	0,89	0,97
Y ₂ O ₃	2,38	2,60	2,89	1,99	1,97	2,90	1,90	1,90	2,80	2,93
PbO	0,31	0,30	0,29	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,29	0,29
CaO	4,67	4,28	4,14	4,35	4,35	4,25	4,19	4,13	4,21	4,17
Сумма	100,67	100,47	100,11	100,21	99,93	99,77	99,91	99,92	99,44	99,85

Продолжение таблицы 6.3.2

№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
P ₂ O ₅	30,22	30,05	29,91	30,02	29,74	29,55	29,47	29,78	29,62	30,09
ThO ₂	22,43	22,36	21,97	22,32	22,45	21,97	19,99	21,31	23,60	19,71
UO ₂	2,40	2,37	2,34	2,38	2,27	2,29	1,95	1,95	2,19	2,53
SiO ₂	0,35	0,35	0,36	0,35	0,50	0,36	0,38	0,44	0,52	0,39
Ce ₂ O ₃	15,55	15,48	15,69	15,30	15,40	15,88	17,82	16,70	14,89	16,11
La ₂ O ₃	5,85	6,18	6,15	6,07	6,00	6,32	7,23	7,13	6,07	6,30
Nd ₂ O ₃	7,03	6,92	7,09	7,14	7,15	7,15	7,53	7,32	6,94	7,59
Pr ₂ O ₃	1,92	2,04	1,94	1,86	1,98	2,00	2,04	1,88	1,99	2,00
Sm ₂ O ₃	3,69	3,85	3,68	3,58	3,88	3,52	3,91	3,56	3,69	4,03
Gd ₂ O ₃	2,39	2,50	2,37	2,36	2,65	2,33	2,18	2,32	2,37	2,94
Dy ₂ O ₃	0,83	0,77	0,72	0,80	0,82	0,83	0,77	0,70	0,73	0,91
Y ₂ O ₃	2,37	2,40	2,30	2,35	2,55	2,26	1,94	1,98	2,20	2,92
PbO	0,31	0,32	0,30	0,30	0,31	0,30	0,26	0,28	0,31	0,29
CaO	4,66	4,63	4,59	4,64	4,45	4,59	4,14	4,45	4,73	4,18
Сумма	100,01	100,20	99,43	99,47	100,16	99,36	99,62	99,80	99,85	100,00

Примечание – ИГГ УРО РАН, микроанализатор САМЕСА SX 100, аналитик В.В. Хиллер.

По результатам, полученным нами [95, 260] с помощью метода СНИМЕ (по данным из 20 анализов), монацит-(Се) показывает средневзвешенный возраст 243 ± 7 млн лет (рисунок 6.3.4а). При построении зависимости ThO_2^* -PbO точки ложатся на одну изохрону. Расчёт возраста по углу наклона изохроны (рисунок 6.3.4б) даёт датировку 242 ± 17 млн лет, СКВО = 0,21, вероятность = 1,00 [95, 260].

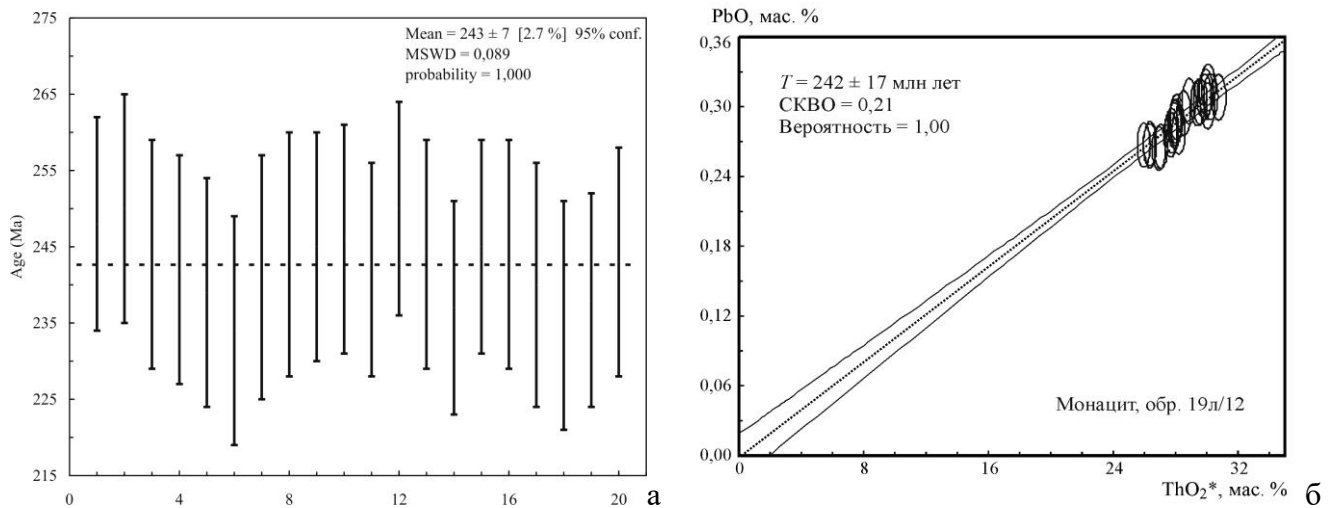


Рисунок 6.3.4 – Средневзвешенный возраст (а) и изохрона (б) по монациту, наши данные [260]

Кроме того, были встречены отдельные включения уранинита в разрушенном метамиктном цирконе, которые методом СНИМЕ дали возраста 250-255 млн лет.

Таким образом, установлено, что литиеносные (лепидолит-альбитовые) пегматиты, по данным различных методов датирования, показывают два возраста – 255-254 млн лет (по слюдам и ураниниту) и 243-242 млн лет (по монациту). Из этого следует, что литиеносные пегматиты Липовского жильного поля образовались позднее гранитных (топаз-берилловых) пегматитов, становление которых происходило в среднепермское время, примерно 266 млн лет назад. Этот вывод сделан не только из геохронологических данных, но и геологических, так как вертикально залегающие литиеносные пегматиты секут пологозалегающие (топаз-берилловые) гранитные тела [260]. Поэтому становление литиеносных пегматитов происходило примерно 255-254 млн лет назад. Еще позднее (около 244 млн лет назад), литиеносные жилы подверглись вторичным преобразованиям.

Так триасовые возраста для горных пород и минералов, для данного района исследований, часто упоминались в различных публикациях [172, 190 и др.].

6.4 Выводы по Главе 6

Определены возраста для разных типов пегматитов и плагиоклазитов объекта:

а) для гранитных (топаз-берилловых) пегматитов возраст определен по тройной (уранинит-коффинит-монацитовый) минеральной изохроне – $266,4 \pm 2,6$ млн лет.

б) для литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов возраст определен по нескольким минералам, слюдам – 255 млн лет, ураниниту – 250 ± 9 млн лет и Th-Ca-монациту – 244 ± 15 млн лет.

в) для плагиоклазитов установлено три возраста – 269 ± 8 млн лет (изохрона по реликтовому монациту), 258 ± 3 и 244 ± 4 млн лет (изохроны по ураниниту).

Отсюда следует, что литиеносные жильные тела являются самыми поздними образованиями. Этот факт подтверждается и геологическими наблюдениями, так вертикально залегающие лепидолит-альбитовые пегматиты секут пологозалегающие пегматиты топаз-бериллового типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате изучения минералогии гранитных пегматитов и плагиоклазитов Липовского жильного поля, было установлено 26 минералов ранее не известных для пегматитов этого объекта, а также составлен минеральный перечень и выделены геохимические особенности типоморфных минералов. Что позволило получить дополнительные сведения о формировании этих тел, а также провести разделение пегматитов на два типа, топаз-берилловые и лепидолит-альбитовые:

а) в топаз-берилловых пегматитах найдены: золото, серебро, медь, свинец, висмут, рутил-(Nb), цинкохегбомит, литиофорит, плюмбопироклор, циркон, коффинит, ксенотим-(Y), монацит-(Ce) и галенит. По минералого-геохимическим особенностям эти пегматиты относятся также к NYF (ниобий-итрий-фтористому) типу;

б) в лепидолит-альбитовых пегматитах найдены: золото, серебро, медь, свинец, рутил-(Ta), циркон, полилитионит, стевенсит, фтор-эльбаит, фторнатромикролит, фторкальциомикролит, монацит-(Ce) и ксенотим-(Y). По минералого-геохимическим особенностям эти пегматиты относятся к LCT (литий-цезий-танталовому) типу;

в) в плагиоклазитах были найдены: торианит, шпинель, пироклор, уранпироклор, ишикаваит, анортит, сепиолит, барит и пирит.

2. При картировании пегматитовых тел и плагиоклазитов Липовского жильного поля установлено, что наиболее часто среди них встречаются гранитные пегматиты топаз-бериллового типа (21 тело мощностью от 20 см). Средняя частота распространения характерна для плагиоклазитовых жил (14 тел). И наиболее редко на объекте встречаются литиеносные (лепидолит-альбитовые) пегматиты (всего установлено 5 жил).

3. В ходе уточнения строения разных типов пегматитовых тел можно сделать вывод, что в топаз-берилловых пегматитах наблюдается классическая зональность, а в литиеносных не четкая, местами пятнистая, с нередким отсутствием той или иной минеральной зоны. При этом на контакте литиеносных тел с серпентинитами наблюдаются слюдисто-хлоритовые оторочки, а в плагиоклазитах, на контакте с серпентинитами, кроме реакционных слюдистых иногда присутствуют антофиллитовые (антигоритовые) оторочки.

4. Для литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов установлены признаки, указывающие на взаимодействие с веществом ультрабазитов. К ним, можно отнести реакционные зоны на контакте пегматитов с серпентинитами. Для этих жил характерны заметные содержания Ni (101 г/т) и Co (11 г/т), а также пониженные содержания РЗЭ или лантаноидов в лепидолите, эльбаите, фтор-эльбаите. Наблюдаются примеси Cr_2O_3 в следующих минералах (в мас.%): альбите (до 0,09), топазе (до 0,05), эльбаите (до 0,04), микроклине (до 0,03), лепидолите (до 0,30), мусковите (до 0,25), клинохлоре (до 4,66).

5. Определены возраста для разных типов пегматитов и плагиоклазитов этого объекта:

а) для гранитных (топаз-берилловых) пегматитов возраст определен по тройной (уранинит-коффинит-монацитовый) минеральной изохроне – $266,4 \pm 2,6$ млн лет.

б) для литиеносных (лепидолит-альбитовых) пегматитов возраст определен по нескольким минералам, слюдам – 255 млн лет, ураниниту – 250 ± 9 млн лет и Th-Sa-монациту – 244 ± 15 млн лет.

в) для плагиоклазитов установлено три возраста – 269 ± 8 млн лет (изохрона по реликтовому монациту), 258 ± 3 и 244 ± 4 млн лет (изохроны по уранинитам).

Отсюда следует, что литиеносные жильные тела являются самыми поздними образованиями. Этот факт подтверждается и геологическими наблюдениями, так вертикально залегающие лепидолит-альбитовые пегматиты секут пологозалегающие топаз-берилловые тела.

6. По всем признакам плагиоклазиты образовались по гранитным (топаз-берилловым) пегматитам. Так автор неоднократно наблюдал переходные типы, которые внешне очень схожи с плагиоклазитами, а минералогически это были измененные гранитные пегматиты. Это же подтверждается и тем, что плагиоклазиты ближе всего соответствуют геохимическому типу (NYF). Косвенным доказательством является также и одновременный возраст их образования.

7. Полученный материал позволил подойти к решению вопросов связанных с реконструкцией основных этапов становления и условий образования, а также преобразования исследуемых тел. Так, становление пегматитов Липовского жильного поля проходило в два этапа, в среднепермское время (266 млн лет) формировались топаз-берилловые пегматиты, а в позднепермское время (250-255 млн лет) образовались лепидолит-альбитовые пегматиты с цветным турмалином. Плагиоклазиты образовались по топаз-берилловым пегматитам, при их попадании в серпентиниты. В позднепермское время плагиоклазиты под влиянием становления лепидолит-альбитовых пегматитов перекристаллизовались. В раннем триасе (244 млн лет), в результате постколлизийных процессов пегматиты и плагиоклазиты подверглись тектоническим деформациям и вторичным изменениям.

8. Перспективы развития темы определяются проведенными исследованиями, позволяющими сделать вывод о том, что на Липовском жильном поле наибольший практический интерес представляют литиеносные пегматиты, как источник Li-Cs оруденения и камнесамоцветной минерализации (цветные турмалины, розовые и голубые бериллы, топазы и др.). Менее значимые, но также заслуживающие внимание являются гранитные топаз-берилловые пегматиты (содержащие берилл, хризоберилл, реже топаз) и плагиоклазиты (с Nb-U оруденением и интересной минерализацией представленной дравитом, хризобериллом, фенакитом, реже корундом и др.).

Поэтому, перспективы развития темы заключаются в дальнейшем поиске и изучении подобных пегматитов за пределами карьерных выработок, тем более, что ранее здесь проводились только детальные поиски силикатно-никелевых руд и отчасти фосфоритов.

Таким образом, получены новые данные о пегматитовых процессах, завершающих позднюю, постколлизийную стадию формирования Мурзинского и Адуйского массивов.

Полученные результаты согласуются с работами С.М. Бескина и Ю.Б. Марина [9] и других исследователей, касающихся установления обычно двух этапов формирования гранитных пегматитов (бериллоносных и натро-литиевых) в пределах редкометалльных полей и могут быть положены в основу дальнейших исследований, а также стать научно-практической базой для развития Режевского заказника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев, И. В. О глиции и его соединениях / И. В. Авдеев // Горный журнал. – 1842. – Кн. 9, ч. 3. – С. 361–391.
2. Авдонин, В. Н. Дюмортьерит из пегматитовой жилы на западном берегу оз. Увильды / В. Н. Авдонин – Текст непосредственный // Минералы месторождений Урала. Сборник научных трудов / ред. А.С. Таланцев. – Свердловск : УНЦ АН СССР, 1987. – С. 68–70.
3. Азовскова, О. Б. Гумешевское месторождение-от древних времен до наших дней / О. Б. Азовская, М. Ю. Ровнушкин, А. А. Малюгин // Уральская минералогическая школа - 2013. Материалы конференции. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2013. – С. 12–18.
4. Алексеев, В. И. Вариации состава минералов группы пироклора в онгонитах и цвиттерах Вернеурмийского массива (Дальний Восток) / В. И. Алексеев, Ю. Б. Марин // Записки Российского Минералогического Общества. – 2018. – № 2. – С. 65–79.
5. Алексеев, В. И. Колумбит-танталит месторождения Кестёр (Восточная Якутия) / В. И. Алексеев, Ю. Б. Марин // Тихоокеанская геология. – 2022. – Том 41. – № 2. С. 109–120.
6. Алексеев, В. И. Редкометальные оболочки циркона в литий-фтористых гранитах Дальнего Востока / В. И. Алексеев, Ю. Б. Марин // Доклады АН. – 2013. – Т. 451. – № 3. – С. 314–317.
7. Арзамасцев, А. А. Элементы-примеси в минералах как индикаторы эволюции щелочно-ультраосновных дайковых серий La-ICP-MS данные по магматическим провинциям Северо-Восточной Фенноскандии и Германии / А. А. Арзамасцев, Л. В. Арзамасцева, Ф. Беа, П. Монтеро // Петрология. – 2009. – Т.17. – №1. – С. 51–78.
8. Ахматова, Л. А. Сапфировидный корунд из десилицированных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Л. А. Ахматова, **А. В. Захаров** // Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа – регионам». Уральская горно-промышленная декада, 9-18 апреля 2018 г. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – С. 118–119.
9. Бескин, С. М. Особенности гранитовых систем с редкометальными пегматитами / С.М. Бескин, Ю. Б. Марин // Записки Российского Минералогического Общества. – 2019. – Ч. CXLVIII. – № 4. – С. 1–16.
10. Бизяев, Н. А. Гидрогеохимия Липовской геотехногенной системы на регрессивной стадии техногенеза / Н. А. Бизяев // Мат-лы IV Научно-практической конференции. «Экологические проблемы. Взгляд в будущее». – Ростов-на-Дону: СОУ «Лиманчик», 2007. – С. 76-80.
11. Бизяев, Н. А. Преобразование гидросферы Липовской геотехногенной системы в результате активированных техногенезом гидрогеохимических процессов / Н. А. Бизяев // Ежегодник ИГГ УрО РАН. – 2010. – Вып 157. – С. 108–112.

12. Бок, И. И. Липовское рубеллито-лепидолитовое месторождение / И. И. Бок. – Текст: непосредственный // Свердловск: УГУ (Уралгеолком), 1935. – Ф. б.н. – 62 л.
13. Бок, И. И. Материалы по Липовскому месторождению редких элементов. / И. И. Бок. – Текст : непосредственный // Свердловск: Режевская геологоразведочная партия, ФБУ ТФГИ, 1933. Ф. 22827 – 3 л.
14. Бонштедт, Э. М. Колумбит из деревни Липовки на Урале / Э. М. Бонштедт // Известия АН СССР. – 1925. – Т. XIX. – С. 513–518.
15. Брусницын, А. И. Марганцевые руды Южно-Файзулинского месторождения (Южный Урал) / А. И. Брусницын, О. И. Сийдра, Ю. С. Коробейникова // Уральская летняя минералогическая школа - 1999. – Екатеринбург: УГГГА, 1999. – С. 264-266.
16. Брусницын, А. И. Родонитовые месторождения Среднего Урала (минералогия и генезис): монография / А. И. Брусницын; Под ред. В. Г. Кривовичева. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2000. – 200 с. [1] л. цв. ил. : ил., табл.; 20 см.; ISBN 5-288-02178-3. – Текст : непосредственный.
17. Вахрушева, Н. В. Андалузит в гранитных пегматитах жилы Южная (Адуйское пегматитовое поле) / Н. В. Вахрушева, Ю. В. Ерохин, Е. С. Шагалов, В. Б. Тверяков // Материалы IV-го Всероссийского совещания «Минералогия Урала - 2003». – Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. – Т. 2. – С. 125–130.
18. Вернадский, В. И. О воробьевите и химическом составе бериллов / В. И. Вернадский // Тр. Геол. Музея им. Петра Великого Имп. Академии Наук. – 1911. – Т. II. – С. 81–102.
19. Вертушков, Г. Н. Петалит из Липовки Режевского района / Г. Н. Вертушков, Ф. Ф. Борисков // Труды Свердловского горного ин-та им. В.В. Вахрушева; Минералогия и петрография Урала. – 1972. – Вып. 86. – С. 111–112.
20. Вещественный состав силикатно-никелевых руд Липовского месторождения / Е. В. Хионина, Н. В. Вохмянина, Г. В. Котельникова. – Текст : непосредственный // Свердловск: УГУ (Уралгеолком), 1963. – Ф. б.н. – 257 л.
21. Витовская, И. В. Линейно-трещинный подтип коры выветривания Хабарнинского и Липовского ультраосновного массива / И. В. Витовская, Л. С. Шакина // В сборнике: Никеленосные коры выветривания Урала / ред. Н.В. Павлов. – Москва: Наука, 1970. – С. 64–82.
22. Владыкин, Н. В. Минералогия, геохимия и генезис редкометалльных топаз-лепидолит-альбитовых пегматитов Монгольской народной республики / Н. В. Владыкин, М. Д. Дорфман, В. И. Коваленко // Новые данные о минералах. Труды минералогического музея им. А.Е. Ферсмана / ред. Г.П. Барсанов. – Москва.: АН СССР. – 1974. – Вып.23. – С. 6–49.
23. Власов, К. А. Изумрудные копи / К. А. Власов, Е. И. Кутукова.– Москва: АН СССР, 1960.– 251 с., 5 л. схем. : ил.; 27 см. – Текст : непосредственный.

24. Власов, К. А. Принципы классификации гранитных пегматитов и их текстурно-парагенетические типы / К. А. Власов // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1961. – №1. – С. 8–29.
25. Власов, К. А. Текстурно-парагенетическая классификация гранитных пегматитов / К. А. Власов // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1952. – №2. – С. 30–55.
26. Воробьев, В. И. Кристаллографические исследования турмалина с Цейлона и некоторых других месторождений / В. И. Воробьев // Записки Импер. Минер. Общества. – 1901. – II серия. – Т. 39. – С. 35–328.
27. Воробьев, В. И. Об оригинальных бериллах из турмалиновых копей дер. Липовой на Урале / В. И. Воробьев // Записки Импер. Минер. общества. – 1905. – Ч. 42. – Вып. 2. – С. 65.
28. Гвозденко Т. А. Новые данные о турмалине Мурзинских самоцветных копей, Средний Урал / Т. А. Гвозденко, Е. И. Герасимова, И. А. Бакшеев // VM-Novitates: Новости из геологического музея им. В. И. Вернадского. – 2019. – Т. 16. – С. 214–226.
29. Геологическая карта Урала. Отчет Адуйской геолого-съёмочной партии за 1956 г / М. Ф. Чурсина, А. Г. Жученко, И. С. Биянов, Ю. Н. Замига. – Текст : непосредственный // Свердловск: ФБУ ТФГИ, 1957. – Ф. 11664. – 346 л.
30. Гинзбург, А. И. Минералого-геохимическая характеристика литиевых пегматитов / А. И. Гинзбург // Труды Минерал. Музея АН СССР. – 1955. – Вып. 7. – С. 12–55.
31. Гинзбург, А. И. О глубинах образования гранитных пегматитов / А. И. Гинзбург, А. И. Родионов // Геология рудных м-ний. – 1960. – №1. – С. 45–54.
32. Гинзбург, А. И. О литиевом хлорите – кукеите / А. И. Гинзбург // Доклады АН СССР. – 1953. – Т. 90. – №5. – С. 871–874.
33. Гинзбург, А. И. Основы геологии гранитных пегматитов / А. И. Гинзбург, И. Н. Тимофеев, Л. Г. Фельдман. – Москва: Недра, 1979. – 296 с. – Текст : непосредственный.
34. Гинзбург, И. И. Витовская И.В., Шакина Л.С. Некоторые данные по строению и минералогии коры выветривания Липовского ультраосновного массива / И. И. Гинзбург, И. В. Витовская, Л. С. Шакина. – Москва: АН СССР, ИГЕМ, 1964. – 99 с. – Текст : непосредственный.
35. Годовой отчет Геологического музея имени Петра Великого Императорской Академии Наук за 1910 год. Труды Геологического музея. им. Петра Великого Императорской Академии Наук. – 1911. – Т. V. – Вып. 1. – С. 1–36.
36. Гордиенко, В. В. Гранитные пегматиты (рудные формации, минералого-геохимические особенности, происхождение, поисково-оценочные критерии) / В. В. Гордиенко. – СПб.: С.-Петербургский университет, 1996. – 272 с.: 25см. – 400 экз. – Библиогр. 230 назв. Ил. 83. Табл. 63. – ISBN 5-288-01452-3 – Текст : непосредственный.

- 37 Гордиенко, М. А. Месторождение лепидолита около с. Липовского на Урале / М. А. Гордиенко // Горн. журн. – 1929. – № 8-9. – С. 1501.
38. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист О-41–Екатеринбург. – СПб: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2011. – 492с. – Текст : непосредственный.
39. Григорьев, В. В. Минералогия пьомонтитсодержащих сланцев в верховьях реки Большой Харбей (Полярный Урал) / В.В. Григорьев, Ю. В. Ерохин, Е. С. Шагалов, А. Е. Степанов // Литосфера. – 2006. – № 4. – С. 159–167.
40. Гульбин, Ю. Л. Зональные профили REE+Y в гранате и их генетическое значение (на примере метапелитов Северного Приладожья) / Ю. Л. Гульбин // Записки Российского Минералогического Общества. – 2015. – Ч. CXLIV. – № 3. – С. 31–44.
41. Долгова, О. С. Сравнительная характеристика хризобериллов Малышевского и Липовского месторождений. Средний Урал, Россия / О. С. Долгова, Н. А. Громалова, И. А. Бакшеев, В. Ю. Прокофьев // Уральская минералогическая школа - 2005. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. – С. 20–26.
42. Драверт, П. Л. Отчет об экскурсии на Средний Урал, 1900 / П. Л. Драверт // Протоколы Казанского общества Естествоиспытателей. – 1904. – Приложение № 215. – С. 2–5.
43. Евдокимов, А. Н. Геохимические особенности Серебряно-медного рудопоявления "Сигурд" на острове Западный Шпицберген / А. Н. Евдокимов, А. Н. Сироткин, Г. А. Коробова // Успехи современного естествознания, 2016. – № 11. – С. 339–347.
44. Емлин, Э. Ф. Самоцветная полоса Урала: Режевской государственный природно-минералогический заказник: Путеводитель / Э. Ф. Емлин, Н. В. Вахрушева, В. И. Кайнов. – Екатеринбург - Реж, 2002. – 156 с.: 29 см. – 1000 экз. – ISBN 5-900395-37-5 – Текст : непосредственный.
45. Ерохин, Ю. В. Барит из пород Липовского жильного поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров** // Двенадцатые Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2011. – С. 37-43.
46. Ерохин, Ю. В. Манганотанталит и бисмутотанталит из контаминированных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров** // XIV Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2013. – С. 25–29.
47. Ерохин, Ю. В. Марганцевая минерализация из риолитов хребта Ирландык (окрестности дер. Исяново, Башкортостан) / Ю. В. Ерохин // Вестник Уральского отделения РМО. – 2010. – № 7. – С. 53-57.

48. Ерохин, Ю. В. Марганцовистый фторапатит из контаминированных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров**, В. В. Хиллер // Минералогия Урала 2011. Материалы VI Всероссийского совещания. – Миасс-Екатеринбург: УрОРАН, 2011. – С. 86–88.
49. Ерохин, Ю. В. Минералогия плагиоклазитовых блоков из десилицированных гранитных пегматитов Липовки (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров**, В. В. Хиллер, В. С. Пономарев // Вестник Уральского отделения РМО. – 2011. – № 8. – С. 45–55.
50. Ерохин, Ю. В. Морфология кристаллов фенакита из десилицированных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров** // Ежегодник ИГГ УрО РАН - 2015. – 2016. – Вып. 163. – С. 139–142.
51. Ерохин, Ю. В. Морфология топаза из гранитных пегматитов Липовского рудного поля / Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров** // Вестник Уральского отделения РМО. – 2013. – № 10. – С. 31–37.
52. Ерохин, Ю. В. Ниобиевая минерализация гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров**, В. В. Хиллер // Ежегодник ИГГ УрО РАН-2013. – 2014. – Вып. 161. – С. 253-256.
53. Ерохин, Ю. В. Первые данные о возрасте гранитных пегматитов Липовского поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, В. Н. Смирнов, К. С. Иванов, **А. В. Захаров**, В. В. Хиллер // Магматизм и метаморфизм в истории Земли. Тезисы докладов XI Всероссийского петрографического совещания. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. – Т. 1. – С. 231-232.
54. Ерохин, Ю. В. Полихромные турмалины и лепидолит из редкометальных гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров** // Ежегодник ИГГ УрО РАН-2010. – 2011. – Вып. 158. – С. 135–139.
55. Ерохин, Ю. В. Самородные металлы (Au, Ag, Cu) из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров**, В. П. Каверина // Уральская минералогическая школа - 2010. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. – С. 58–60.
56. Ерохин, Ю. В. Состав и возраст монацитов из гранитных пегматитов Липовки и копей Мора (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, В. В. Хиллер, **А. В. Захаров** // Минералогия во всем пространстве сего слова. Годичное собрание РМО и Федоровская сессия 2012. – СПб., 2012. – С. 21–23.
57. Ерохин, Ю. В. Состав и возраст урановой минерализации из Липовских гранитных пегматитов (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, В. В. Хиллер, **А. В. Захаров** // Современная минералогия: от теории к практике. Материалы XI Съезда РМО. – СПб.: СПбГГИ, 2010. – С. 184–186.

58. Ерохин, Ю. В. Спессартин из контаминированных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, А. В. Захаров // Вестник Уральского отделения РМО. – 2012. – № 9. – С. 63–67.
59. Ерохин, Ю. В. Топазы из жилы «Южная» Адуйского пегматитового поля / Ю. В. Ерохин, Н. В. Вахрушева, Е. С. Шагалов // Минералогия Урала – 2007. Материалы 5 Всероссийского совещания. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2007. – С. 191–194.
60. Ерохин, Ю. В. Турмалины жилы Южная (Адуйское пегматитовое поле) / Ю. В. Ерохин, Н. С. Бычкова, Н. В. Вахрушева, Е. С. Шагалов // Уральская минералогическая школа – 2005. Материалы Всероссийской научной конференции. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – С. 27–33.
61. Ерохин, Ю. В. Уранинит и коффинит из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Ю. В. Ерохин, В. В. Хиллер, **А. В. Захаров** // Вестник Уральского отделения РМО. – 2010. – № 7. – С. 58–64.
62. Ерохин, Ю. В. Хризоберилл из гранитных пегматитов Адуйского участка / Ю. В. Ерохин, Н. В. Вахрушева, Е. С. Шагалов // Материалы Уральской минералогической школы – 2003. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – С. 65–67.
63. Загорский, В. Е. Минералогия миарол в пегматитах Малханского месторождения турмалина в Забайкалье: полевые шпаты жилы Соседка / В. Е. Загорский // Геология и геофизика. – 2012. – Т. 53. – № 6. – С. 683–697.
64. Загорский, В. Е. Редкометальные пегматиты / В. Е. Загорский, В. М. Макагон, Б. М. Шмакин, В. А. Макрыгина, Л. Г. Кузнецова. – Новосибирск: Наука. Сиб. предприятие РАН, 1997. – Т. 2. – 285 с. – Библиогр.: с. 261–278. – ISBN 5-02-030859-5.– Текст : непосредственный.
65. Загорский, В. Е. Систематика гранитных пегматитов / В. Е. Загорский, В. М. Макагон, Б. М. Шмакин // Геология и геофизика. – 2003. – Т. 44. – № 5. – С. 422–435.
66. Захаров, А. В. Азурит и малахит в амфиболитах Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Двадцать третьи Всероссийские научные чтения памяти ильменского минералога В.О. Полякова. – Миасс: ИМин ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН, 2022. – С. 44–49.
67. **Захаров, А. В.** Андалузит из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, В. В. Хиллер // Ежегодник ИГГ УрО РАН-2013.– 2014₂. – Вып. 161. – С. 257–259.
68. **Захаров, А. В.** $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование слюд из литиеносных гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, К. С. Иванов, В. Н. Смирнов // XXX Всероссийская научная конференция «Уральская минералогическая школа – 2024». Сборник тезисов. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2024. – С. 76–78.

69. **Захаров, А. В.** Вещественный состав, типизация и возраст гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров // VII Чтения памяти член-корр. РАН С.Н. Иванова. Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 70-летию основания Уральского отделения Российского минералогического общества (сборник докладов). – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2018. – С. 80–82.

70. **Захаров, А. В.** Ганит из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, Д. А. Ханин // Четырнадцатые Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2013. – С. 30–33.

71. **Захаров, А. В.** Геохимия полихромных турмалинов из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, В. П. Каверина // Уральская минералогическая школа – 2010. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2010. – С. 69–72.

72. **Захаров, А. В.** Дюмортьерит из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Вестник Уральского отделения РМО. – 2011. – № 8. – С. 56–60.

73. **Захаров, А. В.** Ильменорутит из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Пятнадцатые Всероссийские научные Чтения памяти ильменского минералога В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2014. – С. 45–49.

74. **Захаров, А. В.** Кадастр минеральных видов Липовского рудного поля / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Вестник Уральского отделения РМО. – 2013. – №10. – С. 38–46.

75. **Захаров, А. В.** Калиевые полевые шпаты из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, О. Л. Галахова, В. В. Хиллер // XVII Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2016. – С. 23–29.

76. **Захаров, А. В.** К геохронологии плагиоклазитовых жил из Липовского пегматитового поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, В. В. Хиллер // Вестник Уральского отделения РМО. – 2021. – № 18. – С. 55–64.

77. **Захаров, А. В.** К минералогии танталониобатов в контаминированных пегматитах Липовки (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Вестник Уральского отделения РМО. – 2015. – № 12. – С. 46–53.

78. **Захаров, А. В.** Ксенотим-(Y) из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, В. В. Хиллер // Тринадцатые Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. – С. 41–48.

79. **Захаров, А. В.** Лепидолит из контаминированных гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Двенадцатые Всероссийские научные чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2011. – С. 44–50.

80. **Захаров, А. В.** Магнезиоколумбит из десилицированных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Ежегодник ИГГ УрО РАН-2017. – 2018. – Вып. 165. – С. 186–188.

81. **Захаров, А. В.** Микролит и связанные с ним стибиотанталит и висмутотанталит из контаминированных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Шестнадцатые Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. - С. 23-29.

82. **Захаров, А. В.** Минералогия и возраст гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров // Материалы Юбилейного съезда Российского минералогического общества «200 лет РМО». – СПб: СПбГУ, 2017. – Т.2. – С. 218–220.

83. **Захаров, А. В.** Минералогия и возраст литиеносных гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, К. С. Иванов, В. Н. Смирнов // Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле. Двадцать пятая международная конференция, посвященная 300-летию РАН. Материалы конференции. – Москва : ИГЕМ РАН, 2024. – С. 76-79.

84. **Захаров, А. В.** Минералогия и типизация гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров // Тектонические, магматические, метаморфические факторы формирования и размещения месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых (XVII Чтения памяти академика А.Н. Заварицкого). – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. – С.13–15.

85. Захаров, А. В. Никельгексагидрит из Липовского месторождения (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, М. П. Попов, В. С. Пономарев // Минералогия техногенеза – 2012. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. – С. 302–305.

86. **Захаров, А. В.** Новые данные о хризоберилле из пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Д. А. Ханин // Вестник Уральского отделения РМО. – 2012. – № 9. – С. 68–74.

87. **Захаров, А. В.** Новые фторсодержащие минералы из литиеносных гранитных пегматитов (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, В. В. Хиллер // Вестник Уральского отделения РМО. – 2018. – № 15. – С. 72–79.

88. **Захаров, А. В.** О находке шпинели в десилицированных пегматитах Липовки (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Вестник Уральского отделения РМО. – 2014. – № 11. – С. 48–51.

89. **Захаров, А. В.** О находке фторнатромикролита и фторкальциомикролита в литиеносных пегматитах Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В.

Ерохин, В. В. Хиллер // Девятнадцатые Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2018. – С. 23–27.

90. **Захаров, А. В.** О находке цинкохёгбомита в гранитных пегматитах Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, Л. В. Леонова // Двадцатые Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2019. – С. 51–55.

91. Захаров, А. В. О никелевой руде Липовского месторождения (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Минералогия техногенеза - 2013. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2013. – С. 239–243.

92. **Захаров, А. В.** О полихромных турмалинах с «чернильными шапочками» из Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, В. В. Хиллер // Вестник Уральского отделения РМО. – 2020. – № 17. – С. 44–50.

93. **Захаров, А. В.** Полихромный турмалин с «чернильными шапочками» из литиеносных пегматитов Липовки (Средний Урал) / А. В. Захаров, В. В. Хиллер // Динамика и взаимодействие геосфер Земли. Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию подготовки в Томском государственном университете специалистов в области наук о Земле. Т. I. – Томск: Изд-во Томского ЦНТИ, 2021. – С. 297–300.

94. **Захаров, А. В.** Самородные металлы из гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, В. В. Хиллер // Вестник Уральского отделения РМО. – 2017. – № 14. – С. 47–53.

95. **Захаров, А. В.** Состав и возраст монацита из литиеносных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, В. В. Хиллер // Вестник Уральского отделения РМО. – 2022. – № 19. – С. 72–80.

96. **Захаров, А. В.** Структурно-химические особенности калиевых полевых шпатов из пегматитов Липовки (Средний Урал) / А. В. Захаров, О. Л. Галахова // Вестник Уральского отделения РМО. – 2016. – № 13. – С. 62–67.

97. **Захаров, А. В.** Типоморфизм уранинита из пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин // Минералогия Урала – 2011. Материалы VI Всероссийского совещания. – Миасс-Екатеринбург: УрО РАН, 2011. – С. 89–92.

98. **Захаров, А. В.** Торианит из десилицированных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, И. А. Готтман // Ежегодник ИГГ УрО РАН - 2016. – 2017. – Вып. 164. – С. 211–213.

99. **Захаров, А. В.** Цинкохёгбомит из гранитных пегматитов Липовки (Средний Урал) / А. В. Захаров, Ю. В. Ерохин, Л. В. Леонова // Вестник Уральского отделения РМО. – 2019. – № 16. – С. 39–45.

100. Информационный отчет по прогнозно-поисковым работам на золото на Алапаевской площади. Отчет Исетской ГСП за 2000-2002гг. / А. В. Коровко. – Текст : непосредственный // Верхняя Пышма: УГУ (Уралгеолком), 2002. – Ф. 43078. – Книга 1. – 282 л.

101. Казаков, И. И. Геологическое строение и минералогия зоны Мурзинского гранитного массива на Восточном склоне Урала / И. И. Казаков, Е. В. Стороженко, Т. Н. Кривко, С. А. Рыльков, А. М. Прутьян, Ю. Л. Ронкин // Разведка и охрана недр. – 2019. – №3. – С. 22–31.

102. Казаков, И. И. Паспорт комплекта цифровых материалов по листу Государственной геологической карты РФ масштаба 1 : 200 000 (второе издание), лист О-41-XX (Алапаевск) / И. И. Казаков, Е. В. Стороженко, И. Н. Харитонов, В. В. Стефановский, С. В. Козьмин, С. Э. Мартынов, И. Ф. Фадеичева, А. В. Коровко, Ю. Л. Ронкин – Изображение (картографическое), текст электронный // Электронное издание. Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ» : [сайт]. – 2018. – URL: <http://geo.mfvsegei.ru/200k/o-41/o-41-20/80/index.html?ysclid=lp7y7hzq4z609976091> (дата обращения 21.11.2023г).

103. Кайнов, В. И. Хризоберилл / В. И. Кайнов, В. И. Жернаков // Минералогия Урала. Оксиды и гидроксиды / ред. Иванов и др. – Миасс - Екатеринбург, 2000. – Вып. 2. – Ч. 1. – С. 9–21.

104. Кайнов, В. И. Эльбаиты Липовского месторождения / В. И. Кайнов, Т. В. Русская // Уральская летняя минералогическая школа – 99. – Екатеринбург: УГГГА, 1999. – С. 348–349.

105. Кандыкин, Ф. И. О разведке Липовских, Адуйских копей и распространение полевошпатовых минеральных скоплений / Ф. И. Кандыкин. – Текст : непосредственный // Свердловск: УГУ (Уралгеолком), 1921. – Ф. б.н. – 3 л.

106. Кантор, М. И. Уральские фосфоритовые месторождения / М. И. Кантор // : Научные труды Инд. педаг. инст. – Москва, 1929. – №3. – С. 1–24.

107. Кейльман, Г. А. Изучение метаморфических комплексов / Кейльман Г. А., Золоев К. К. – Москва: Недра, 1989. – 205, [2] с. : ил., карт. : 20 см. – ISBN 5-247-00565-1. – Текст : непосредственный.

108. Кисин, А. Ю. Деформации мраморов и время образования рубиновой минерализации в Мурзинско-Адуйском метаморфическом комплексе (Средний Урал) / А. Ю. Кисин, А. А. Баталина, В. В. Мурзин // Ежегодник ИГГ УрО РАН. – 2003. – С. 186–191.

109. Кисин, А. Ю. Деформации мраморов и время образования рубин-сапфировой минерализации на Липовском проявлении (Средний Урал) / А. Ю. Кисин // Уральская минералогическая школа – 2005. Материалы Всероссийской конференции. – Екатеринбург: УГГУ, 2005. – С. 104–108.

110. Кисин, А. Ю. Зеленый гранат с Алабашского и Липовского проявления рубина (Средний Урал) / А. Ю. Кисин, В. В. Мурзин, А. А. Баталина, А. В. Томилина // Вестник Уральского отделения РМО. – 2014. – № 11. – С. 52–59.

111. Кисин, А. Ю. Источники глинозема в рубиноносных мраморах / А. Ю. Кисин // Геодинамика, рудные месторождения и глубинное строение литосферы. XV Чтения памяти А.Н. Заварицкого. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. – С. 304.

112. Кисин, А. Ю. Липовское проявление благородного корунда / А. Ю. Кисин // Ежегодник-1993. Сборник научных трудов ИГГ УрО РАН. – 1994. – С. 94–95.

113. Кисин, А. Ю. Новые находки рубинов на Урале / А. Ю. Кисин // Новые данные по минералогии Урала / ред. А.С. Таланцев, А.И. Белковский. – Свердловск: УрО РАН СССР, 1989. – С. 30–31.

114. Кобяшев, Ю. С. Минералы Урала : минеральные виды и разновидности / Ю. С. Кобяшев, С. Н. Никандров; Российская акад. наук, Уральское отд-ние, Ильменский гос. заповедник им. В. И. Ленина. – Екатеринбург: КВАДРАТ (Уральский рабочий), 2007. – 311 с. : цв. ил., табл.; 25 см.; ISBN 978-5-91357-004-8 (В пер.). – Текст : непосредственный.

115. Козлов, А. В. Генетическая интерпритация сростаний минералов в амфиболовых габбро Серебрянского Камня / А. В. Козлов, В. В. Михайлов, С. Ю. Степанов, В. В. Шиловских // Уральская минералогическая школа – 2020. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2020. – С. 47–49.

116. Корнетова, В. А. Ильменорутил из пегматитов месторождения благородной шпинели Кухи-Лал на юго-западном Памире и некоторые поправки к формуле магноколумбита / В. А. Корнетова, М. Е. Казакова, В. Б. Александров // Труды Минералогического музея АН СССР. – 1971. – Вып. 20. – С. 107–113.

117. Коровко, А. В. Новые данные по абсолютному возрасту интрузивных пород Мурзинской и Режевской зон (Средний Урал) / А. В. Коровко, Б. А. Калеганов // Ежегодник–1988. Сборник научных трудов ИГГ УрОРАН. – 1989. – С. 112–113.

118. Косухин, И. Л. Ганит в гранитных пегматитах Адуйского участка / И. Л. Косухин // Материалы Уральской летней минералогической школы – 2000. – Екатеринбург: УГГГА, 2000. – С. 106–107.

119. Краснобаев, А. А. Полигенные цирконы Адуйского батолита (Средний Урал) / А. А. Краснобаев, Г. Б. Ферштатер, Ф. Беа, П. Монтеро // ДАН. – 2006. – Т.410. – №2. – С. 244–249.

120. Кривовичев, В. Г. Минералогический словарь / В. Г. Кривовичев ; науч. ред. А. Г. Булах ; Санкт-Петербургский гос. ун-т. – Санкт-Петербург : Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2008. – 553, [2] с.; 25 см.; ISBN 978-5-288-04863-0 (в пер.). – Текст : непосредственный.

121. Кузьменко, М. В. Геохимическая специализация и вопросы классификации редкометалльных гранитных пегматитов / М. В. Кузьменко, А. П. Калита, Г. Б. Мелентьев // Пегматитовые редкометалльные месторождения. ИМГРЭ. –1971. – Вып.1. – С. 20–47.

122. Легенда Среднеуральской серии Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200000 (второе издание) / В. В. Шалагинов и др. – Текст : непосредственный // Екатеринбург: ПГО «Уралгеология», ТГФ, 1998. – Ф. б.н.

123. Лобова, Е. В. Минералогия анортитовых амфиболитов Липовского жильного поля (Средний Урал) / Е. В. Лобова, Ю. В. Ерохин, А. В. Захаров // Тринадцатые Всероссийские научные Чтения памяти В.О. Полякова. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. – С. 49–54.

124. Лопатин, О. Н. Геологическое строение и минералогия пегматитов Ильменских гор. Учебно-методическое пособие / О. Г. Лопатин, А. Г. Николаев; научный редактор А.И. Бахтин. – Казань: Казанский университет, 2011. – 40 с.

125. Маликов, А. И. Самоцветная полоса Урала. / А. И. Маликов, Ю. А. Поленов, М. П. Попов, А. П. Шукшаев. – Екатеринбург: Сократ, 2007. – 384 с.; [32] л. фот.; ISBN 978-5-88664-281-0. – Текст : непосредственный.

126. Марин, Ю. Б. О минералогических исследованиях и использовании минералогической информации при решении проблем петро- и рудогенеза / Ю. Б. Марин // Записки Российского Минералогического Общества. – 2020. – Ч. CXLIX. – № 4. – С. 1–15.

127. Марин, Ю. Б. Типизация редкометалльных щелочных гранитов / Ю. Б. Марин, В. В. Смоленский, С. М. Бескин // Записки Российского Минералогического Общества. – 2023. – Ч. CLII. – № 5. – С. 1–13.

128. Матиас, В. В. Магноколумбит, новый минерал / В. В. Матиас, Л. Н. Россовский, А. Н. Шостацкий, Н. М. Кумскова // Доклады АН СССР. – 1963. – Т. 148. – № 2. – С. 420–423.

129. Мелентьев, Г. Б. Проблемы поисковой и технологической минералогии редкометалльного сырья и их решения / Г. Б. Мелентьев // Материалы Юбилейного съезда Российского минералогического общества «200 лет РМО». – СПб: СПбГУ, 2017. – Т.2. – С. 109–114.

130. Мельницкий, В. В. О находке данбурита / В. В. Мельницкий // Труды Госуд. НИИ горнохимического сырья. – Люберцы: ГИГХС, 1955. – Вып. 2. – С. 224–229.

131. Меметова, Л. Р. Минералы подгруппы микролита в редкометалльных пегматитах Липовки, Средний Урал / Л. Р. Меметова, И. В. Пеков, Н. Н. Кононкова // Минералогия Урала–2003. Материалы IV Всероссийского совещания. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. – Т. 2. – С. 98–101.

132. Меметова, Л. Р. Стадийность минералобразования в редкометалльно-самоцветных пегматитах Липовки (Средний Урал) / Л. Р. Меметова, И. В. Пеков, И. А. Брызгалов, Н. Н.

Кононкова // Уральская минералогическая школа – 2005. Материалы Всероссийской научной конференции. – Екатеринбург: УГГУ, 2005². – С. 36–38.

133. Меметова, Л. Р. Химический состав и зональность турмалинов в редкометалльно-самоцветных пегматитах Липовки, Средний Урал / Л. Р. Меметова, И. В. Пеков, И. А. Брызгалов, Н. Н. Кононкова // Минералогические музеи. Материалы V Международного симпозиума. – СПб.: СПбГУ, 2005¹. – С. 151–153.

134. Минералогия Урала. Оксиды и гидроксиды. Екатеринбург – Миасс: УрО РАН, 2007. – Ч. 2. – 288 с.: табл. 46; ил. 47; Библ. 414.; – ISBN 5-7691-1810-5. – Текст : непосредственный.

135. Минералогия Урала. Оксиды и гидроксиды. – Миасс-Екатеринбург, 2000. – Ч. 1. – 310[1] с. – ISBN 5-7691-0802-9. – Текст : непосредственный.

136. Минералогия Урала. Элементы. Карбиды. Сульфиды. – Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 391 с.: –1000экз. – Текст : непосредственный.

137. Мохов, А. В. Луна под микроскопом: новые данные по минералогии Луны / А. В. Мохов, П. М. Карташев, О. А. Богатиков ; Российская акад. наук, Ин-т геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. - Москва : Наука, 2007. - 126, [1] с. : ил.; 22 см.; ISBN 5-02-034280-7. – Текст : непосредственный.

138. Мурзин, В. В. Происхождение золотоносных родинитов Карабашского массива альпинотипных гипербазитов на Южном Урале / В. В. Мурзин, Д. А. Варламов, Ю. Л. Ронкин, С. Н. Шанина // Геология рудных месторождений. – 2013. – Т. 55(4). – С. 320–341.

139. Некоторые вопросы никеленосности Среднего Урала. Докладная записка / И. З. Корин. – Текст : непосредственный // Свердловск: ИГЕМ, АН СССР, Фонды Уралгеолкома, 1961. – Ф. б.н. – 77 л.

140. Ненадкевич, К. А. Материалы к познанию химического состава минералов России. VI. Цезиевый берилл (воробьевит) / К. А. Ненадкевич // Тр. Геол. Музея им. Петра Великого Имп. Академии Наук. – 1911. – Т. V. – Вып. 2. – С. 53–56.

141. Отчет о групповом геологическом доизучении масштаба 1:50000 Мурзинско-Алапаевской площади, листы О-41-75-А-г,Б-в,Г, О-41-76-В-в, О-41-87-А(ю.п.),Б,В(с.п.),Г, О-41-88-А(з.п.), общих поисках рудного золота на Быстринском, Заболотском и Сусанском участках за 1980-1986гг. и опережающих геофизических съемках на Мурзинско-Адуйской площади масштаба 1:50000 за 1976-1986 гг. / А. В. Коровко, Д. А. Двоглазов, В. А. Пуртов и др. – Текст : непосредственный // Свердловск: ТГФ, 1986. – Ф. б.н.

142. Отчет о детальном разведочных работах проведенных Режевским никелевым заводом на Липовском рубеллитовом месторождении в 1968-1970 годах / А. И. Миронов, А. З. Казанцев. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1972. – Ф. 32771. – 70 л.

143. Отчет о поисково-разведочных работах на силикатно-никелевые руды, проведенных Режевской ГРП на Липовском месторождении в 1961-62гг. с подсчетом запасов по состоянию на 01.03.1963г. Исполнитель Зауральская комплексная геологоразведочная экспедиция / А. М. Кудряшов, Ю.А. Федоров. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. ФБУ ТФГИ, 1963. – Ф 28113 – Т. 1-4. – 556 л.

144. Отчет о результатах геологоразведочных работ на Липовском месторождении силикатных никелевых руд / В. П. Малеев, А. М. Кудряшов, А. Е. Сычугов, В. В. Бирюков – Текст : непосредственный // Артемовский: УГУ (Уралгеолком), 1960₂. – Ф. б.н. – Т. 1 - 9.

145. Отчет о результатах геологоразведочных работ на Липовском месторождении силикатных никелевых руд в Режевском районе Свердловской области с подсчетом запасов по состоянию на 01.10.1964г. Исполнитель Зауральская комплексная геологоразведочная экспедиция / В. П. Малеев, А. М. Кудряшов и др. – Текст : непосредственный // Реж: ФБУ ТФГИ, 1965. – Ф. 29447. – Т. 1– (17). – 4054 л.

146. Отчет о результатах геологоразведочных работ на Липовском месторождении силикатных никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01.10.1961г / В. П. Малеев, А. М. Кудряшов и др. – Текст : непосредственный // Артемовский: ФБУ ТФГИ, 1961₂. – Ф. 23917 – Т. 1–10. – 2172 л.

147. Отчет о результатах геологоразведочных работ на участке №6 Липовского месторождения силикатных никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01.06.1968г / А. М. Кудряшов, Ю. А. Федоров. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1968. – Ф. б.н. – Т. 1–4. – 556 л.

148. Отчет о результатах детальных геологоразведочных работ по залежам Л-1, Л-3 Липовского месторождения силикатных никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 25.05.1961 года / В. П. Малеев, А. М. Кудряшов, В. И. Ефимов. – Текст : непосредственный // Свердловск: УГУ (Уралгеолком), 1961₁. – Ф. 18958 – Т. 1–3. – 306 л.

149. Отчет о результатах геологоразведочных работ проведенных на залежи Л-4 Липовского месторождения силикатно-никелевых руд в Режевском районе Свердловской области с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1962г / М. А. Рыжков. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1962₁. – Ф. б.н.

150. Отчет о результатах геологоразведочных работ проведенных на залежи Л-4 Липовского месторождения силикатно-никелевых руд в Режевском районе Свердловской области с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1963г / М. А. Рыжков. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1963₁. – Ф. б.н. – 58 л.

151. Отчет о результатах геологоразведочных работ, проведенных на Липовском месторождении силикатных никелевых руд в Режевском районе Свердловской области с подсчетом запасов по состоянию на 01.08.1960г / В. П. Малеев, А. М. Кудряшов и др. – Текст : непосредственный // УГУ (Уралгеолком), 1960₁. – Ф. 17180. – Т. 1–10. – 2001 л.

152. Отчет о результатах геологоразведочных работ, проведенных на Липовском месторождении силикатных никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1962г / М. А. Рыжков. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1962₂. – Ф. б.н. – 115 л.

153. Отчет о результатах геологоразведочных работ проведенных на Липовском месторождении силикатно-никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1964г / М. А. Рыжков. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1963₂. – Ф. б.н. – 43 л.

154. Отчет о результатах детальной разведки в западной части участка №6 Липовского месторождения силикатных никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01.10.1974г / А. М. Кудряшов, В. Е. Подкин. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1974. – Ф. б.н. – Т. 1–5. – 347 л.

155. Отчет о результатах разведки на участке 6 Липовского месторождения силикатных никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01.10.1972г / А. М. Кудряшов, В. Е. Подкин. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1972. – Ф. б.н. – Т. 1–4. – 596 л.

156. Отчет о результатах детальной разведки на участке 7 Липовского месторождения силикатных никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1970г. Исполнитель Зауральская комплексная геологоразведочная экспедиция / А. М. Кудряшов, Ю. А. Федоров. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. ФБУ ТФГИ, 1970. – Ф. 31859. – Т. 1–5. – 503 л.

157. Отчет о результатах детальной разведки 4 Липовского месторождения силикатных никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01.04.1975г. (западная часть), на 01.01.1977г. (восточная часть) / В. Е. Подкин, Е. К. Иванова. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1977. – Ф. б.н. – 539 л.

158. Отчет по доразведке Фирсовского участка Липовского месторождения силикатных никелевых руд за 1987-1989гг / Ю. А. Федоров, Е. Н. Люлин. – Текст : непосредственный // Артемовский: УГУ (Уралгеолком), 1989. – Ф. б.н. – 429 л.

159. Отчет по теме № 22 за 1961-63гг. Процессы формирования древней коры выветривания на ультраосновных породах и закономерности ее никеленосности. Гидрохимическая характеристика никеленосных кор выветривания и условий миграции никеля

в районах Липовского и Уфалейских месторождений / Ю. Ю. Бугельский. – Текст : непосредственный // УГУ (Уралгеолком), 1963. – Ф. б.н. – 147 л.

160. Пеков, И. В. Бериллийсодержащий кордиерит из десилицированных пегматитов Липовки (Средний Урал) и особенности его кристаллической структуры / И. В. Пеков, Н. В. Чуканов, А. А. Канонеров, О. В. Якубович // Минералогия Урала – 2003. Материалы IV Всероссийского совещания. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2003₁. – Т. 2. – С. 121–125.

161. Пеков, И. В. Висмутосодержащий брабантит из редкометальных пегматитов Липовки, Средний Урал / И. В. Пеков // Уральский геологический журнал. – 2002. – №5. – С. 119–127.

162. Пеков, И. В. Магнезиотанталит $(\text{Mg,Fe})(\text{Ta,Nb})_2\text{O}_6$ – новый минерал группы колумбита-танталита из десилицированных гранитных пегматитов Липовки (Средний Урал) и его генезис / И. В. Пеков, О. В. Якубович, Д. К. Щербачев, Н. Н. Кононкова // Записки Всероссийского Минералогического Общества. СПбГУ. – 2003. – Ч. СXXXII. – № 2. – С. 49–59.

163. Пеков, И. В. Минералы гранитных пегматитов Липовки, Средний Урал / И. В. Пеков, Л. Р. Меметова // Минералогический альманах. – Москва: ТОО «Альтум», 2008. – № 13. – С. 7–44.

164. Поляков, В. О. Минералогия жилы амазонитового пегматита копи 70 Ильменского заповедника / В. О. Поляков // Проблемы минералогии Урала. Труды Ильменского государственного заповедника. УНЦ АН СССР. – 1976. – Вып. XIV. – С. 82–96.

165. Поляков, В. О. Минералогия копи 277 Ильменского заповедника / В. О. Поляков // Материалы к минералогии Южного Урала. Труды ИГЗ. УНЦ АН СССР. – 1978. Вып. 21. – С. 57–62.

166. Поляков, В. О. Минералогия пегматитовой жилы копи 59 Ильменского заповедника / В. О. Поляков // Материалы к минералогии Урала. Труды Ильменского государственного заповедника. УНЦ АН СССР. – 1975. – Вып. XIII. – С. 63–67.

167. Поляков, В. О. Состав уральского стибиотанталита / В. О. Поляков, Л. Н. Пospelова // Минералогия Урала. Тезисы регионального совещания. – Свердловск: УрО РАН, 1990. – Т.1. – С. 132.

168. Попов, В. А. Кобальтистый миллерит из Липовского месторождения (Урал) / В. А. Попов, А. А. Канонеров // Материалы Уральской летней минералогической школы-1999. – Екатеринбург: УГГГА, 1999. – С. 216–217.

169. Попов, В. А. Минералогия пегматитов Ильменских гор / В. А. Попов, В. И. Попова. – Ассоциация Экоств. Минералогический альманах. – Москва: [б. и.], 2006. – Вып. 9. – 152 с. – ISBN 5-900395-10-3. – Текст : непосредственный.

170. Попов, В. А. Новые данные по минералогии и генезису карбонатных пород Липовского месторождения силикатных никелевых руд на Среднем Урале / В. А. Попов // Уральский геологический журнал. – 2012. – № 3 (87). – С. 13–24.

171. Попов, В. А. Пегматитовая жила с увитом, хризобериллом и фенакитом из Липовки (Средний Урал) / В. А. Попов, А. А. Канонеров // Материалы Уральской летней минералогической школы -1996. – Екатеринбург: УГГГА, 1996. – С. 134–137.

172. Попов, В. С. Возраст и возможные источники гранитов Мурзинско-Адуйского блока, Средний Урал: Rb-Sr и Sm-Nd данные / В. С. Попов, В. И. Богатов, Ю. А. Петрова, Б. В. Беляцкий // Литосфера. ИГГ УрО РАН. – 2003. – №4. – С. 3–18.

173. Попов, М. П. Каменные кладовые Самоцветной полосы Урала Природно-минералогический заказник «Режевской» / Министерство природных ресурсов и экологии Свердловской области ; [авторы-составители: М. П. Попов, А. И. Маликов, **А. В. Захаров**, Е. Н., Попова, С. Л. Волохин, Е. В. Минеева, У. С. Черных, А. В. Сергушин]. – Екатеринбург: ДжиЛайм, 2023. – 159 с , [1] с. : цв. ил., портр., карт. ; 30 см. – Текст : непосредственный.

174. Попов, М. П. Особенности двойников прорастания фенакита из гранитных пегматитов Мьянмы (Бирма) / М. П. Попов, Ю. В. Ерохин // Федоровская сессия – 2010. Материалы международной конференции. – СПб.: СПбГГИ, 2010. – С. 125-126.

175. Попов, М. П. Природно-минералогический заказник «Режевской». Самоцветная полоса Урала / М. П. Попов, А. И. Маликов, **А. В. Захаров**, Е. Н. Попова, С. Л. Волохин, Е. В. Минеева. – Екатеринбург, 2012. – 84 с.: 19 см. – 1000 экз. – Текст : непосредственный.

176. Попова, В. И. Минералогия гранитных керамических пегматитов Адуйского, Соколовского и Зенковского массивов на Среднем Урале / В. И. Попова, В. А. Губин // Уральский минералогический сборник № 15. ИМин УрО РАН. – 2008. – С. 61–74.

177. Попова, В. И. Минералогия гранитных пегматитов Алабашского поля самоцветной полосы Урала / В. И. Попова, В. А. Попов, С. К. Борщев, В. П. Демочкин, А. А. Канонеров ; [Отв. ред. Е.П. Макагонов]; Рос. акад. наук. Ур. отд-ние. Ин-т минералогии, Ур. лет. минерал. шк. – Миасс : ИМин УрО РАН, 1999. – 90 с. : ил., портр., табл.; 21 см.; ISBN 5-7691-1009-0. – Текст : непосредственный.

178. Прибавкин, С. В. Геологическое строение и минералогия Шпанчевского проявления гондитов, Средний Урал / С. В. Прибавкин, А. И. Брусницын // Уральская летняя минералогическая школа -1996. – Екатеринбург: УГГГА, 1996. – С. 164–168.

179. Промежуточный отчет о результатах геологоразведочных работ на участках 6, 7 Липовского месторождения силикатных никелевых руд с подсчетом запасов по состоянию на 01.10.1969г / А. М. Кудряшов, Ю. А. Федоров. – Текст : непосредственный // Реж: Режевской никелевый завод. УГУ (Уралгеолком), 1969. – Ф. б.н. – Т. 1–9. – 1835 л.

180. Проскурнин, В. Ф. Геология, минеральные ассоциации и состав самородного золота минеральных месторождений Таймыро-Североземельского орогена / В. Ф. Проскурнин, Г. А. Пальянова, А. В. Гавриш, Б. С. Петрушков, А. А. Багаева, Н. С. Бортников // Доклады АН. – 2019. – Т. 484. – №1. – С. 71–76.
181. Рентгенография основных типов породообразующих минералов / Под ред. В.А. Франк-Каменецкого. – Л.: Недра, 1983. – 359 с. – Текст : непосредственный.
182. Родионов, Г. Г. Классификация пегматитов и особенности процесса пегматитообразования / Г. Г. Родионов – Текст непосредственный // Вопросы геологии и генезиса пегматитов. – Москва: Недра, 1964. – Вып.22. – С. 82–114.
183. Рукавишников, Ф. И. О Липовском месторождении драгоценных камней / Ф.И. Рукавишников. – Текст : непосредственный // Свердловск: УГУ (Уралгеолком), 1929. – Ф. 11350. – 4 л.
184. Сердюченко, Д. П. Турмалины из пегматитов и гранитов Липовки на Урале / Д. П. Сердюченко, Т.Н. Большакова, Г.Е.Черепивская // Записки Всероссийского Минералогического Общества. – 1984. – Ч. 113. – Вып. 4. – С. 478–485.
185. Силаев, В. И. Оценка минеральных месторождений: химия, геохимия или минералогия? / В. И. Силаев, А. Ф. Хазов, Н. Н. Пискунова // Материалы V Российского семинара по технической минералогии «Минералого-технологическая оценка месторождений полезных ископаемых и проблемы раскрытия минералов». – Петрозаводск: КНЦ РАН, 2011. – С. 35–47.
186. Сироткин, А. Н. Минералогия и генезис рудопроявлений Центрально-Шпицбергенской полиметаллической зоны (о. Западный Шпицберген) / А. Н. Сироткин, В. В. Хайлов, Д. В. Никитин // Записки Всероссийского Минералогического Общества. – 2007. – Т. 136. – № 5. – С. 76–93.
187. Скоробогатова, Н. В. О плюмбопирохлоре / Н. В. Скоробогатова, Г. А. Сидоренко, К. А. Дорофеева, Т. И. Столярова // Геология месторождений редких элементов. ВИМС. – 1966. – Вып. 30. – С. 84–96.
188. Скублов, С. Г. Геохимия редких элементов (LA-ICP-MS) в монаците из рудопроявления Ичетью, Средний Тиман / С. Г. Скублов, А. О. Красоткина, А. Б. Макеев, Т. Б. Томсен, С. Х Серре, И. А. Абдрахманов // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. – Апатиты, 2018. – № 15. – С. 338–341.
189. Смертенко, В. М. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней. Турмалин / В. М. Смертенко, В. И. Канторович, Н. И. Пальмова. – Всесоюзное пром. Объединение «Союзкварцсамоцветы», 1978. – Вып. 20. – 79с. – Текст : непосредственный.

190. Смирнов, В. Н. Результаты К-Аг датирования Адуйского гранитного массива (восточный склон Среднего Урала) / В. Н. Смирнов, К. С. Иванов, А. А. Краснобаев, И. Н. Бушляков, Б. А. Калеганов // Литосфера. ИГГ УрО РАН. – 2006. – № 2. – С. 148–156.

191. Смирнов, В. Н. ^{40}Ar - ^{39}Ar датирование пегматитов Мурзинско-Адуйского района (Средний Урал): результаты и их геологическая интерпретация / В. Н. Смирнов, К. С. Иванов, А. В. Травин, **А. В. Захаров**, Ю. В. Ерохин // Литосфера. ИГГ УрО РАН. – 2022. – Т. 22. – №5. – С. 612–623.

192. Солодов, Н. А. Внутреннее строение и геохимия редкометалльных гранитных пегматитов / Н. А. Солодов. – Москва: Наука, 1962. – 234 с. – Текст : непосредственный.

193. Солодов, Н. А. Геохимия лития, рубидия и цезия / Н. А. Солодов, Л. С. Балашов, А. А. Кременецкий. – Москва : Недра, 1980. – 233 с. : ил. – Библиогр.: с. 216-232. – Текст : непосредственный.

194. Солодов, Н. А. Научные основы перспективной оценки редкометалльных пегматитов / Н. А. Солодов. – Москва: Наука, 1971. – 292 с. – Текст : непосредственный.

195. Составление и подготовка к изданию Госгеолкарты-200 (новая серия) листа О-41-XXXII Среднеуральской серии и частичное проведение в его пределах ГДП-200 (Каменская площадь). Отчет Исетской ГСП за 1997-2001гг. / А. В. Коровко, Д. А. Двоглазов, Г. Н. Кузовков и др. – Текст : непосредственный // Екатеринбург: ТГФ, 2001. – Ф. 42557.

196. Судариков, С. М. Гидрогеохимические процессы при фильтрации воды в угольных пластах месторождений Северо-Востока Вьетнама / С. М. Судариков, Т. Т. Нгуен // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – №1. – С. 234–237.

197. Сустанов, С. Г. Висмутовая минерализация на Квартальном месторождении редкометалльных пегматитов (Средний Урал) / С. Г. Сустанов, М. П. Попов, В. Н. Огородников // Вестник Уральского отделения РМО. ИГГ УрО РАН. – 2014. – № 11. – С. 98–104.

198. Сустанов, С. Г. Хейровскит в кварцевых жилах Липовского месторождения, Средний Урал / С. Г. Сустанов, Е. С. Шагалов, Л. И. Марбах // Материалы IV-го Всероссийского совещания «Минералогия Урала - 2003». Т. 2. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2003. – С. 46–50.

199. Таланцев, А. С. Знаменитые уральские самоцветы: монография / А. С. Таланцев. – Екатеринбург: ПАКРУС, 2000. – 163, [2] с., [4] л. цв. ил. : ил.; 18 см. – (Урал. XX век : 100 лет кн., событий, биогр.); ISBN 5-901214-04-8. – Текст : непосредственный.

200. Таланцев, А. С. Изучение условий формирования зональных мусковит-альбит-микроклиновых пегматитов из района Кочкарской гранитной интрузии: специальность 04.121 "Геохимия": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геол.-мин. наук /

Таланцев Анатолий Степанович; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т минер. сырья. – Москва, 1975. – 27 с. – Текст: непосредственный.

201. Таланцев, А. С. Камерные пегматиты Урала: монография / А. С. Таланцев; УО ИГГ УрО РАН. – Москва: Наука, 1988. – 143 с. – Текст: непосредственный.

202. Таловина, И. В. Гарниерит никелевых месторождений Урала / И. В. Таловина, В. Г. Лазаренков, С. О. Рыжкова, В. Л. Уголков, Н. И. Воронцова // Литология и полезные ископаемые. – 2008. – №6. – С. 650-658.

203. Технично-экономическое обоснование кондиций для развивающегося Липовского месторождения силикатно-никелевых руд (отчет по теме №12). Исполнитель- Открытое акционерное общество Средне-Уральская геологоразведочная экспедиция / Н. Л. Овчинников. – Текст : непосредственный // Свердловск: ФБУ ТФГИ, 1959. – Ф. 17389. – 31 л.

204. Томилина, А. В. К минералогии рубиноносных мраморов Липовского месторождения (Средний Урал) / А. В. Томилина // Материалы III Всеросс. молод. конф. «Минералы: строение, свойства, методы исследований». – Екатеринбург-Миасс: УрО РАН, 2011. – С. 290–292.

205. Травин А. В. Термо-хронология Чернорудской Гранулитовой зоны (Ольхонский регион, Западное Прибайкалье) / А. В. Травин, Д. С. Юдин, А. Г. Владимиров, С. В. Хромых, Н. И. Волкова, А. С. Мехоношин, Т. Б. Колотилина // Геохимия, 2009. – Т. 50. – №11. – С. 1181–1199.

206. Тугаринов, А. И. О метаморфизме урановых месторождений и отдельных урановых минералов / А. И. Тугаринов, Е. В. Бибикова, С. И. Зыков // Атомная энергия, 1964. – Т. 16. – Вып. 4. – С. 332–343.

207. Ферсман, А. Е. Добыча драгоценных камней на Урале: монография / А. Е. Ферсман.- Природа, 1921. – № 4-6. – 83 с. – Текст: непосредственный.

208. Ферсман, А. Е. Избранные труды: монография. Драгоценные и цветные камни СССР/ А. Е. Ферсман. – Москва.: АН СССР, 1962. – Т.VII. – 592 с. – Текст: непосредственный.

209. Ферсман, А. Е. Пегматиты / А. Е. Ферсман. – Москва.; Ленинград., 1940. – Т.1. –712 с. – Текст: непосредственный.

210. Ферштатер, Г. Б. Возраст и история формирования Адуйского гранитного массива / Г. Б. Ферштатер, А. Гердес, В. Н. Смирнов // Ежегодник-2002. Труды ИГГ УрО РАН, 2003. – С. 146–150.

211. Ферштатер, Г. Б. Орогенный гранитоидный магматизм Урала / Г. Б. Ферштатер, Н. С. Бородин, М. С. Рапопорт, Т. А. Осипова, В. Н. Смирнов, В. Я. Левин. – Миасс: Объединенный институт «Ильменский заповедник» УрО РАН, 1994. – 247 с. – Текст: непосредственный.

212. Хакинов, Ю. В. Изучение гранатов из гондитов Полярного Урала / Ю. В. Хакинов // Уральская летняя минералогическая школа - 1997. – Екатеринбург: УГГГА, 1997. – С. 219.
213. Ханин, Д. А. Гранитный пегматит с аксессуарным хризобериллом из карьера №6 Липовского силикатно-никелевого месторождения / Д. А. Ханин, **А. В. Захаров** // Международная научно-практическая конференция «Уральская горная школа – регионам». - Екатеринбург: УГГУ, 2012. – С. 54–55.
214. Ханин, Д. А. Необычная минерализация кварцевой жилы в серпентинитах Липовского месторождения (Средний Урал) / Д. А. Ханин, **А. В. Захаров** // Вестник Уральского отделения РМО. ИГГ УрО РАН, 2013. – № 10. – С. 124-126.
215. Хиллер, В. В. О находке фтор-эльбаита в пегматитах Липовского жильного поля (Средний Урал) / В. В. Хиллер, **А. В. Захаров** // VII Чтения памяти член-корр. РАН С.Н. Иванова Материалы Всероссийской конференции. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2018. – С. 196–198.
216. Хиллер, В. В. Состав и возраст уранинита в десилицированных пегматитах Липовского жильного поля (Средний Урал) / В. В. Хиллер, Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров** // Материалы Юбилейного съезда «200 лет РМО». – СПб: СПбГУ, 2017. – Т. 2. – С. 344–346.
217. Хиллер, В. В. Th-U-Pb-возраст золотоносных карбонатитоподобных пород Карабашского гипербазитового массива (Южный Урал) / В. В. Хиллер, Ю. В. Ерохин, К. С. Иванов // Вестник ВГУ. Серия: Геология. – 2016. – № 4. – С. 44–49.
218. Хиллер, В. В. Th-U-Pb-возраст редкометальных гранитных пегматитов в восточном экзоконтакте Адуйского массива (Средний Урал) / В. В. Хиллер, М. П. Попов, Ю. В. Ерохин, **А. В. Захаров** // Вестник ВГУ. Серия: Геология. – 2015. – №4. – С. 61–65.
219. Ширяев, П. Б. Гидротермальная минерализация в мраморах Липовского месторождения / П. Б. Ширяев, В. И. Кайнов // Материалы Уральской горнопромышленной декады. – Екатеринбург: УГГУ, 2006. – С. 73–74.
220. Якубович, О. В. Кристаллическая структура высокобериллиевого кордиерита из Липовки, Средний Урал, и кристаллохимические закономерности в ряду кордиерит-секанинаит / О. В. Якубович, В. Масса, И. В. Пеков, П. Г. Гавриленко, Н. В. Чуканов // Кристаллография. – 2004. – Т. 49. – № 6. – С. 1049-1060.
221. Ahn, J. H. Alteration of andalusite to sheet silicates in a pegmatite / J. H. Ahn, D. M. Burt, P. R. Buseck // American Mineralogist. – 1988. – Vol. 73. – P. 559–567.
222. Ami, R. Mineralogy and rare earth geochemistry of apatite and xenotime from the Gloserheia granite pegmatite, Froland, Southern Norway / R. Ami // American Mineralogist. – 1975. – Vol. 60. – P. 607–620.

223. Armbruster, Th. Titanium and iron poor zincohögbomite-16H, $Zn_{14}(Al, Fe^{3+}, Ti, Mg)_8Al_{24}O_{62}(OH)_2$, from Nezilovo, Macedonia: occurrence and crystal structure of a new polysome / Th. Armbruster, V. Bermanec, V. Zebec, R. Oberhänsli // *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*. – 1998. – Vol. 78. – № 3. – P. 469–477.

224. Atencio, D. The pyrochlore supergroup of minerals: nomenclature / D. Atencio, M. B. Andrade, A. G. Christy, R. Gieré, P. M. Kartashov // *Canadian Mineralogist*. – 2010. – Vol. 48. – P. 673–698.

225. Bowles, J. F. W. Age dating of individual grains of uraninite in rocks from electron microprobe analyses / J. F. W. Bowles // *Chemical Geology*. – 1990. – Vol. 83. – P. 47–53.

226. Bulakh, A. G. Accessory thorianite from the massif of alkaline rocks and carbonatites of the Turja Peninsula (Kola Peninsula) / A. G. Bulakh, A. A. Mazalov // *American Mineralogist*. – 1974. – Vol. 59. – P. 378–380.

227. Bykova, E. Yu. Vergasovaite $Cu_3O[(Mo,S)O_4][SO_4]$, a new cooper-oxy-molybdate-sulfate from Kamchatka / E. Yu. Bykova, P. Berlepsch, P. M. Kartashov, J. Brugger, T. Armbruster, A. J. Criddle // *Sweiz. Miner. Petrogr. Mitt.* – 1989. – Bd. 78. – №6. – P. 479–488.

228. Černý, P., Niobian rutile from the McGuire granitic pegmatite, Park County, Colorado: solid solution, exsolution and oxidation / P. Černý, R. Chapman, W. B. Simmons, L. E. Chackowsky // *American Mineralogist*. – 1999. – V. 84. – P. 754–763.

229. Černý, P. Subsolidus behavior of niobian rutile from Vezna, Czech Republic: a model for exsolution in phases with $Fe^{2+} \gg Fe^{3+}$ / P. Černý, M. Novak, R. Chapman, M. Masau // *Journal of the Czech Geological Society*. – 2000. – V. 45. – P. 21–35.

230. Černý, P. Tapiolite, stibiotantalite and antimonian microlite from the Odd West pegmatite, southeastern Manitoba / P. Černý, D. C. Harris // *Canadian Mineralogist*. – 1973. – Vol. 12. – P. 76–78.

231. Černý, P. The classification of granitic pegmatites revisited / P. Černý, P. Ercit // *Canadian Mineralogist*. – 2005. – V. 43. – P. 2005–2026.

232. Christy, A. G. Clarification of status of species in the pyrochlore supergroup / A. G. Christy, D. Atencio // *Mineralogical Magazine*. – 2013. – Vol. 77. – P. 13–20.

233. Evins, L. Z. Uraninite recrystallization and Pb loss in the Oklo and Bangombé natural fission reactors, Gabon / L. Z. Evins, K. A. Jensen, R. C. Ewing // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – 2005. – Vol. 69. – №. 6. – P. 1589–1606.

234. Foit, F. F. Chemistry of alkali-deficient schorls from two tourmaline-dumortierite deposits / F. F. Foit, Y. Fuchs, P. E. Myers // *American Mineralogist*. – 1989. – Vol. 74. – P. 1317–1324.

235. Galliski, M. A. Bismutotantalite from northwestern Argentina: description and crystal structure / M. A. Galliski, M. F. Márquez-Zavalía, M. A. Cooper, P. Černý, F. C. Hawthorne // *Canadian Mineralogist*. – 2001. – Vol. 39. – P. 103–110.

236. Hanson, S. L. Proposed nomenclature for samarskite-group minerals: new data on ishikawaite and calciosamarskite / S. L. Hanson, W. B. Simmons, A. U. Falster, E. E. Foord, F. E. Lichte // *Mineralogical Magazine*. – 1999. – Vol. 63 (1). – P. 27–36.

237. Hogarth, D. D. Classification and nomenclature of the pyrochlore group / D. D. Hogarth // *American Mineralogist*. – 1977. – Vol. 62. – P. 403–410.

238. Hughes, J. M. Ordering of divalent cations in the apatite structure: crystal structure refinements of natural Mn- and Sr-bearing apatite / J. M. Hughes, M. Cameron, K. D. Crowley // *American Mineralogist*. – 1991. – Vol. 76. – P. 1857–1862.

239. Kempirek, J. Mineralogy of dumortierite-bearing abyssal pegmatites at Starkoc and Bestvina, Kutna Hora crystalline complex / J. Kempirek, M. Novak // *Journal of the Czech Geological Society*. – 2006. – Vol. 51. – № 3-4. – P. 259–270.

240. Khiller, V. V. Th–U–Pb dating of granite pegmatites of the Lipovskoye vein field (Urals) for three minerals / Yu. V. Erokhin, **A. V. Zakharov**, K. S. Ivanov // *Doklady Earth Sciences*. – 2014. – Vol. 455. – Part 1. – P. 323–326.

241. Kositcin, N. Textural and geochemical discrimination between xenotime of different origin in the Archaean Witwatersrand basin, South Africa / N. Kositcin, N. J. McNaughton, B. J. Griffin, I. R. Fletcher, D. I. Groves, B. Rasmussen // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – 2003. – Vol. 67. – № 4. P. – 709–731.

242. Martin-Izard, A. Metasomatism at a granitic pegmatite-dunite contact in Galicia: the Franqueira occurrence of chrysoberyl (alexandrite), emerald, and phenakite / A. Martin-Izard, A. Paniagua, D. Moreiras // *Canadian Mineralogist*. – 1995. – Vol. 33. – P. 775–792.

243. Moine, B. The role of fluor-rich fluids in the formation of the thorianite and sapphire deposits from SE Madagascar / B. Moine, A. Ramambazafy, M. Racotondrazafy et al. // *Goldschmidt Conference*. – Toulouse, 1998. – P. 999–1000.

244. Naemura, K. Age determination of thorianite in phlogopite-bearing spinel-garnet peridotite in the Gfohl Unit, Moldanubian zone of the Bohemian massif / K. Naemura, K. Yokoyama, T. Hirajima, M. Svojtka // *Jour. Mineral. Petrol. Sciences*. – 2008. – Vol. 103. – P. 285–290.

245. Nakamura N. Determination of REA, Ba, Fe, Mg, Na and K in carbonaceous and ordinary chondrites / N. Nakamura // *Geochim. Cosmochim. Acta*. – 1974. – Vol. 38. – No 5. – P. 757–775.

246. Ockenga, E. Zincohögbomite, a new mineral from eastern Aegean metabauxites / E. Ockenga, Ü. Yalçın, O. Medenbach, W. Schreyer // *European Journal of Mineralogy*. – 1998. – Vol. 10. – P. 1361–1366.

247. Owens, B. E. Margarite, corundum, gahnite and zincohögbomite in a blackwall, Raleigh Terrane, Eastern Piedmont Province, USA / B. E. Owens, H. E. Belkin, J. M. Zerolis // *Mineralogical Magazine*. – 2013. – Vol. 77. – Is. 7. – P. 2913–2930.

248. Peretyazhko, I. S. Conditions of pocket formation of the Oktyabrskaya tourmaline-rich gem pegmatite (the Malkhan field, Central Transbaikalia, Russia) / I. S. Peretyazhko, V. Ye. Zagorsky, S. Z. Smirnov, M. Y. Mikhailov // *Chemical Geology*. – 2004. – Vol. 210. – P. 91–111.

249. Petersen, E. U. The occurrence of högbomite in high-grade metamorphic rocks / E. U. Petersen, E. J. Essene, D. R. Peacor, L. A. Marcotty // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. – 1989. – Vol. 101. – P. 350–360.

250. Robles, E. R., The granitic pegmatites of the Fregeneda area (Salamanca, Spain): characteristics and petrogenesis / E. R. Robles, A. P. Perez, F. V. Roldan, F. Fontan // *Mineralogical Magazine*. – 1999. – V. 63. – P. 535–558.

251. Rosa, D. Occurrence and origin of alluvial xenotime from Central Eastern Portugal (Central Iberian zone/ Ossa-Morena zone) / D. Rosa, R. Salgueiro, C. Inverno, D. De Oliveira, F. Guimaraes // *Comunicacoes Geological*. – 2010. – Vol. 97. – P. 63–70.

252. Rose, R. L. Andalusite- and corundum-bearing pegmatites in Yosemite national park, California / R. L. Rose // *American Mineralogist*. – 1957. – V. 42. – P. 635–647.

253. Suzuki, K. CHIME dating of monazite, xenotime, zircon and polycrase: Protocol, pitfalls and chemical criterion of possibly discordant age data / K. Suzuki, T. Kato // *Gondwana Research*. – 2008. – Vol. 14. – P. 569–586.

254. Switzer, G. Granite pegmatites of the mt. Antero region, Colorado / G. Switzer // *American Mineralogist*. – 1939. – Vol. 24. – P. 791–809.

255. Witzke, T. Fluornatromicrolite, $(\text{Na,Ca,Bi})_2\text{Ta}_2\text{O}_6\text{F}$, a new mineral species from Quixaba, Paraíba, Brazil / T. Witzke, M. Steins, T. Doering, W. Schuckmann, R. Wegner, H. Pöllmann // *Canadian Mineralogist*. – 2011. – Vol. 49. – P. 1105–1110.

256. Wodara, U. X-site vacant Al-tourmaline: a new syntetic end-member / U. Wodara, W. Schreyer // *European Journal of Mineralogy*. – 2001. – Vol. 13. – P. 521–532.

257. **Zakharov, A. V.** About finding native gold, silver, copper, lead, bismuth and tungsten in Lipovka pegmatites (Middle Ural) / A. V. Zakharov, V. V. Khiller // *Известия УГГУ*. – 2018. – Vol. 2(50). – P. 15–19.

258. **Zakharov, A. V.** Fluor-elbaite, fluoronatromicrolite and fluorcalcio-microlite from lithium-bearing granite pegmatites of Lipovka (Middle Ural) / A. V. Zakharov // *Известия УГГУ*. – 2019. – Vol. 4(56). – P. 21–26.

259. **Zakharov, A. V.** Geochronology of plagioclasite veins from the Lipovskoye pegmatite field (Middle Urals) / A. V. Zakharov, V. V. Khiller // *Известия УГГУ*. – 2022. – Vol. 4(68). – P. 7–15.

260. **Zakharov, A. V.** Monazite from lithium-bearing pegmatites of the Lipovskoye vein field, Middle Urals (composition and chemical dating) / A. V. Zakharov, V. V. Khiller // Известия УГГУ. – 2023. – Vol. 2(70). – P. 24–31.

261. **Zakharov, A. V.** On the finding of zincohogbomite in the granite pegmatites of the Lipovskoe vein field (Middle Urals) / A. V. Zakharov // Известия УГГУ. – 2020. – Vol. 3(59). – P. 27–34.

262. **Zakharov, A. V.** Structural and chemical features of potash feldspars from pegmatites of the Lipovskoe vein field (Middle Urals) / A. V. Zakharov, O. L. Galakhova // Известия УГГУ. – 2017. – Vol. 1(45). – P. 23–26.

- картирование пегматитов и жильных тел Липовского поля позволило пополнить кадастр минеральных копей на территории Заказника и расширить базу для проведения геологических экскурсий, студенческих практик и дальнейших научных исследований;
- сведения по описанию строения и минералогии пегматитов и жильных тел Липовского поля помогают решить вопросы связанные с поиском продуктивных на самоцветы тел и могут быть включены в процесс обучения работников Заказника;
- периодически ведется пополнение музейного фонда Заказника минералогическими образцами;
- в будущем планируется выдать основные рекомендации по развитию, для оптимизации работы Заказника, в том числе связанные с поиском новых пегматитовых тел;
- в целом, все полученные результаты диссертационной работы способствуют задачам Заказника (по Положению утвержденному Правительством Свердловской области №750 ПП от 12.10.2017г.) связанным с проведением научных исследований;
- установленные возраста формирования различных пегматитов Липовского жильного поля позволит выделить основные этапы их формирования и довести геологическую историю их становления до сведения посетителей Заказника и других заинтересованных лиц.

Руководством организации принято решение о дополнительном внедрении в 2025-2026гг научных результатов работы Захарова А.В. «Минералогия, возраст и типы гранитных пегматитов Липовского жильного поля (Средний Урал)», в том числе: обновление кадастра минеральных видов в перечне копей Заказника по Липовскому участку, уточнение расположения гранитных пегматитов на Липовском участке, учет предложений для поиска новых пегматитовых тел и оптимизации работы Заказника.

Использование указанных результатов позволяет:

- обосновать важность сохранения подведомственных Заказнику территорий для научно-практических и туристических целей;
- более эффективно проводить научную и практическую деятельность;
- повысить эффективность поисков продуктивных пегматитовых тел;
- развивать научно-практическую базу Заказника;
- внести более полные сведения в перечень описания копей;
- повысить качество предоставляемых информационных услуг посетителям Заказника;

– повысить уровень подготовки инспекторов и гидов, что позволяет улучшить качество работы сотрудников Заказника и облегчить их повседневную работу при проведении охранных мероприятий и приема посетителей;

Результаты работы внедрялись при выполнении НИР по темам трех государственных заданий ИГГ УрО РАН: № 0393-2016-0019; № АААА-А18-118052590032-6 15; № 123011800014-3.

Председатель комиссии:

директор ГБУ СО ПМЗ "Режевской



Сергушин А.В.

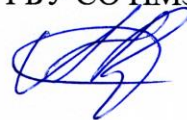
Члены комиссии:

старший государственный
инспектор
ГБУ СО ПМЗ "Режевской"



Балакина Н.А

государственный
инспектор
ГБУ СО ПМЗ "Режевской"



Асланян В.С.