

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*

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук**

Санкт-Петербург – 2026

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук

Иванов Кирилл Святославич

Официальные оппоненты:

Поленов Юрий Алексеевич

доктор геолого-минералогических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный горный университет», кафедра геологии, минералогии и петрографии, профессор;

Морозова Людмила Николаевна

кандидат геолого-минералогических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского», ведущий геолог, Геологическое отделение 2.

Ведущая организация – Акционерное общество «Уральская геологосъемочная экспедиция», г. Екатеринбург.

Защита диссертации состоится **2 октября 2026 г. в 13:00** на заседании диссертационного совета ГУ.3 Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д. 2, **аудитория № 1171.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II и на сайте www.spmi.ru.

Автореферат разослан 31 июля 2026 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



ГУЛЬБИН
Юрий Леонидович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 (далее – ЛП) входит в состав ГБУ СО "Природный минералогический заказник "Режевской" (далее – Заказник), 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 (далее – пегматитов) ЛП, эти вопросы не получили должного обсуждения и недостаточно раскрыты. Наиболее полная сводка по минералогии пегматитов объекта была сделана в 2008 году И.В. Пековым и Л.Р. Меметовой, 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 значимость изучения 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, 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 ЛП 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 пегматиты ЛП и образованные по ним плагиоклазиты.

Предмет исследования – являются конкретные характеристики (минеральный состав, строение и возраст) пегматитов ЛП.

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 СНМЕ (Th-U-Pb_{общ} химического датирования радиоактивных минералов, далее – метод СНМЕ) и методов К-Аг и Аг-Аг датирования слюд;
- типизация пегматитов по современным классификациям.

Научная новизна:

Выявлено и изучено 26 минералов, ранее не известных в пегматитах и плагиоклазитах ЛП. Список включает: золото, серебро, медь, свинец, висмут, пирит, галенит, цинкохёгбомит, ториянит, шпинель, пирохлор, уранпирохлор, плумбопирохлор, 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 ЛП с использованием метода СНМЕ и методов К-

Ag и Ag-Ag датирования слюд. Методом СИМЕ получена возрастная изохрона, построенная по трем разным минералам.

Проведено документирование пегматитовых тел, получены дополнительные сведения по их строению.

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

Впервые, для разных типов пегматитов ЛП, установлены отличия по типохимизму таких минералов как: Au, Ag, Cu, уранинит, фторапатит, хризоберилл, спессартин, ксенотим-Y, КПШ.

Для литиеносных пегматитов, на геохимическом уровне, установлены признаки контаминации веществом ультрабазитов, что подтверждает ранние наблюдения А.Е. Ферсмана.

Описаны морфологические особенности кристаллов фенакита, топаза, хризоберилла, турмалина, граната, танталониобатов и т.д.

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 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 позволяет получить схему их распространения и поможет решить вопросы прогноза, поисков, оценки и возможного комплексного освоения.

Исследования проводились в рамках бюджетной тематики лаборатории (по темам государственных заданий ИГГ УрО РАН: №

123011800014-3 и др.), а также в рамках различных грантов РФФИ и проектов УрО РАН. Все опубликованные статьи автора передавались руководству Заказника в лице директоров С.Л. Волохина (2010-2016 гг.) и А.В. Сергушина (2017-2025 гг.). 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 две книги по ЛП. Данные путеводители используются Заказником для проведения геологических экскурсий.

Отдельные научно-практические результаты данной работы были использованы в деятельности Заказника, что отражено в акте о внедрении от 14.10.2024 г.

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 ЛП.

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 ИГГ УрО РАН. Так 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 получены датировки радиоактивных минералов из пегматитов и плагиоклазитов объекта.

Предпринимались попытки изотопного датирования пегматитов, по выделенным из них монофракциям циркона, но они оказались сильно метамиктными и непригодными для исследований.

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 K-Ar и Ar-Ar датирования были получены 7 датировок по литиевым слюдам из пегматитов ЛП (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. Также проведены гониометрические измерения кристаллов топаза и фенакита.

Положения, выносимые на защиту:

1. На основании изучения и систематизации типоморфных минералов жильных тел Липовского поля выделяются два типа 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.

2. 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.

3. Плагиоклазиты, 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 современных методов исследования на базе сертифицированной лаборатории ФХМИ ИГГ УрО РАН (ЦКП "Геоаналитик") представительной коллекции минералов из пегматитов исследуемого объекта.

Апробация результатов

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.).

Личный вклад автора

В основу работы положены авторские результаты документации и изучения минерального состава пегматитовых и плагиоклазитовых тел ЛП, 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 состав 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 датирование радиоактивных минералов методом ^{40}K - ^{40}Ar и изотопное датирование (Ar-Ar и K-Ar) слюд из пегматитов ЛП.

Публикации

Результаты диссертации в достаточной степени освещены в 61 печатной работе, в том числе в 2 книгах (по Заказнику), 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) и в 1 статье – в издании входящем в международную базу данных и систему цитирования Scopus и входящем в перечень ВАК.

Структура работы

Диссертация состоит из введения, шести глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы (включающего 262 наименов.) и одного приложения. Диссертация изложена на 220 стр машинописного текста, содержит 110 рисунков и 75 таблиц. Список литературы включает 262 публ., в том числе 31 фондовый отчет.

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 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 Заказника: 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи и научная новизна диссертации, раскрыты теоретическая и практическая значимость исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту. **Первая глава** посвящена истории минералогического и геологического изучения объекта, здесь же приведен список минеральных видов. **Во второй главе** приводится краткое геологическое описание ЛП. **Третья глава** состоит из трех частей, каждая из которых раскрывает особенности строения и

расположения основных типов пегматитов и плагиоклазитов в пределах ЛП. **В четвертой главе** определено положение пегматитов ЛП в рамках существующих современных классификаций. **Пятая глава** содержит описание минералогии пегматитов и плагиоклазитов ЛП. **В шестой главе** приведены данные по определениям возраста. **В заключении** даны основные выводы.

Геологическая характеристика объекта исследования

ЛП располагается в 70 км к с-в от г. Екатеринбурга и в 20 км к с-з от г. Реж (рисунок 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. Мурзинско-Адуйский антиклинорий представляет собой блок допалеозойской сиалической коры, сложенный метаморфизованными толщами, к восточной части которого приурочены Мурзинский и Адуйский гранитные батолиты (Государственная..., 2011). Согласно этой работе, в строении Алапаевско-Теченского синклинория принимает участие широкий спектр вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных толщ палеозойского возраста, а также разнообразные по составу прорывающие их интрузивные породы. Указанные структуры разделены системой разрывных нарушений, которая трассируется полосой интенсивно расланцованных пород, бластомилонитов и меланжа с цепочкой дунит-гарбургитовых и дунит-гарцбургит-габбровых массивов офиолитовой ассоциации. ЛП приурочено к телам гранитов, серпентинитов и других пород (прорванных дайками жильного комплекса), залегающих в пределах зоны меланжа, на контакте с Мурзинским и Адуйским гранитными массивами. ЛП условно совпадает с границами одноименного, отработанного месторождения силикатно-никелевых руд.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

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

В результате авторских исследований и детальной проработки литературных данных был составлен кадастр минеральных видов ЛП. Общее количество минеральных видов на этом объекте достигает 180 наименований, в том числе в пегматитах и плагиоклазитах установлено 107 минералов (таблица 1).

1. Топаз-берилловые пегматиты сложены КПШ (микроклин и ортоклаз), плагиоклазом, мусковитом и кварцем. Эти тела, чаще всего, расположены в жильных гранитах, при этом залегание пегматитов пологое (намного реже они секут другие породы). Средняя мощность тел 10-30 см, а их форма линзо- и пластообразная. Зональность пегматитов, от края к центру тела, представлена следующими зонами: аплитовая (мелко- и тонкозернистая) → графическая (кварц-калишпатовые срастания) → блоковая → кварцевые ядра (часто с бериллом, реже с топазом).

Установлено, что для топаз-берилловых пегматитов характерны типоморфные (подчеркивающие его геохимический и минералогический тип) минералы: берилл, топаз, шерл, андалузит, хризоберилл, дюмортьерит, гранат (альмандин-спессартинового ряда), а также различные ниобаты (колумбиты и пирохлоры), рутил-(Nb), ксенотим-(Y), эвксенит-(Y), фторопатит и др. (рисунок 3). В этих телах автором найдены и описаны следующие, ранее не известные для пегматитов ЛП минералы: Au, Ag, Cu, Pb, Bi, галенит, рутил-(Nb), цинкохёгбомит, литиофорит, плюмбопирохлор, циркон, коффинит, ксенотим и монацит (так же дополнительно подтверждены и описаны порядка 30 минералов). Тем самым существенно удалось пополнить кадастр минералов пегматитов. Всего автором было закартировано 84 жилы этого типа пегматитов.

Цинкохёгбомит встречается в виде пластинок, треугольной и гексагональной формы, размером до 2-3 мкм, которые инкрустируют полости в зернах магнетита.

Плюмбопирохлор, $Pb_{2-x}Nb_2O_6(OH)$ встречается в виде зерен, размером до 150 мкм (рисунок 3). Тяготеет к рутил-колумбитовым агрегатам. Из примесей отмечаются (в мас.%): P_2O_5 до 2,33; UO_2 до 5,19; ThO_2 до 1,33; TiO_2 до 3,02; FeO до 2,77 и CaO до 2,46.

Ксенотим-(Y), YPO_4 встречается в срастании с цирконом и в виде включений в цирконе. Размер индивидов ксенотима-(Y) составляет около 50 мкм (рисунок 3). Из примесей можно отметить

следующие (в мас.%): UO_2 до 2,5; ThO_2 до 0,9, а также большое количество тяжелых лантаноидов.

Описание *коффинита и монацита-(Ce)* приведено ниже.

По разным классификациям, наиболее распространенный тип пегматитов ЛП, следует относить к топаз-берилловому (Černý, 2005) или к топаз-берилловому ряду (Загорский и др., 2003). При этом подкласс будет миарол-редкоэлементным (Černý, 2005), который соответствует субредкометалльной подформации (Загорский и др., 2003). И, наконец, они соответствуют миароловому классу (Černý, 2005) или кристаллоносной формации (Загорский и др., 2003). По другой классификации (Černý, 2005) с учетом геохимическо-минералогических критериев топаз-берилловые пегматиты относятся к NYF-типу. Отнесение пегматитов именно к этому типу следует из наличия конкретного набора минералов (ниобаты (колумбиты и пирохлоры), рутил-(Nb), ксенотим-(Y), эвксенит-(Y), фторапатит и др.), часть из которых обладает типоморфными геохимическими признаками. А на макроуровне подтверждено однотипным строением этого типа пегматитов.

2. Единичные находки лепидолит-альбитовых (далее – литиеносных) пегматитов указывают на то, что они залегают в серпентинитах или на контакте с ними, реже в амфиболитах. Угол падения жил, как правило, варьирует от 40° до 90° , с-в и с-з простирания, а их мощность достигает 1,5 м, также они нередко тектонизированы. Тела состоят, главным образом, из альбита, микроклина, кварца, лепидолита и турмалина. На контакте с вмещающими серпентинитами постоянно отмечается тальк-хлоритовая оторочка (развитая по флогопиту). Зональность тел сложная и в упрощенном варианте, от края к центру, 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.

Установлено, что для литиеносных пегматитов характерны: берилл (морганит и др.), цветные турмалины (эльбаит, фтор-эльбаит, россманит), литиевые слюды, петалит, спессартин, топаз, а также различные танталаты (танталиты и микролиты), танталовый рутил,

марганцовистый фторапатит и др. Автором в литиеносных пегматитах дополнительно найдены и описаны следующие минералы: Au, Ag, Cu, Pb, рутил-(Ta), фторнатромикролит, фторкальцио-микролит, фтор-эльбаит, полилитионит, ортоклаз, стевенсит, монацит-(Ce) и ксенотим-(Y). В целом же подтверждены и описаны порядка 35 минералов, слагающих эти пегматиты. Всего было закартировано 3 жильных литиеносных тела.

Золото, серебро и медь найдены в агрегате лепидолита. Размер их зерен не превышает 25 мкм. При этом золото имеет примеси Cu до 0,51 мас.% и Ag до 1,24 мас.%, а серебро и медь содержат примеси Hg до 0,2 мас.%. Наличие примесей у металлов является их отличительной особенностью, так в этих же металлах из топаз-берилловых пегматитов примеси отсутствуют.

Фторнатромикролит и фторкальциомикролит образуют включения в кристаллах цветного турмалина, а точнее в зонах фтор-эльбаита (рисунок 4).

Фтор-эльбаит, как правило, представляет внешнюю кайму, розового и малинового цвета, на кристаллах обычного эльбаита (в центре) (рисунок 4). Содержит фтор от 1,2 до 1,7 мас.%. В минерале наблюдается высокое содержание минала россманита (до 30-40%).

Полилитионит развит в виде чешуйчатых агрегатов, слагающих центральные зоны тел. Обычно содержит включения цветного турмалина, топаза и танталониобатов. Слюда является предельно фтористой и содержит Li_2O до 6,5 мас.%. Подтвержден рентгенофазовым анализом и представлен политипом 1M.

По классификации (Šterný, 2005) и (Загорский и др., 2003) литиеносные пегматиты можно отнести: к лепидолитовому подтипу и к лепидолит-альбитовому типу, редкоэлементного класса и редкометалльной формации соответственно. Также по второй классификации (Šterný, 2005) эти пегматиты относятся к LCT-типу. Отнесение пегматитов к этим типам подтверждается наличием ряда литиевых, танталовых и содержащих цезий минералов, а также однотипным внутренним строением жил.

2. 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.

С помощью метода СНИМЕ по акцессорным минералам из топаз-берилловых пегматитов была получена надежная трехминеральная изохрона, с крайне низкой погрешностью (на уровне, близком к изотопным исследованиям). Полученный возраст составил $266,4 \pm 2,6$ млн лет (рисунок 5). Далее приводится краткое описание датировемых минералов:

Коффинит слагает зерна, размером до 10 мкм, в сростании с кристаллами циркона. В коффините установлены следующие примеси (в мас.%): Y_2O_3 до 10,0; ThO_2 до 2,3; PbO до 2,6.

Монацит-(Ce) найден в графической зоне пегматита. Размер зеленовато-желтых округлых зерен и метакристаллов этого минерала не превышает 500 мкм (рисунок 3). Монацит ассоциирует с уранинитом, коффинитом, цирконом и ксенотимом, при этом для него характерны высокие содержания тория (ThO_2 до 13,0 мас.%).

Также были получены результаты К-Аг датирования слюд, средний возраст слюд по 4 анализам составил 261 ± 6 млн лет, что позволяет считать возраст этих пегматитов пермским.

Цирконы из топаз-берилловых и литиеносных пегматитов ЛП, отобранные для датирования, оказались метамиктными и непригодными для изотопных исследований.

Возраст литиеносных пегматитов установлен по К-Аг и Аг-Аг-датированию слюд, а также данным Th-U-Pb-датирования.

Аг-Аг датирование слюд. На анализ были отобраны две монофракции слюд (лепидолита и мусковита) из двух разных жил литиеносных пегматитов ЛП. Проба лепидолита была отобрана из лепидолит-альбитового агрегата, а проба мусковита из кварц-калишпатового агрегата с цветным турмалином. По выделенной монофракции лепидолита был получен возраст $254,3 \pm 3,6$ млн лет (рисунок 6). По второй пробе (монофракции мусковита) возраст оказался $253,9 \pm 3,5$ млн лет (рисунок 7). То есть две пробы слюд показали близкую датировку ≈ 254 млн лет.

К-Аг датирование слюд. Слюды показали разные датировки, в интервале от 266 до 251 млн лет. Среднее значение по всем этим пробам составило $t_{cp} = 255 \pm 6$ млн лет (подсчитано аналитиком Б.А. Калегановым, ИГГ УрО РАН).

Метод CHIME. С помощью этого метода проведено датирование акцессорных монацита и уранинита из литиеносных пегматитов. Монацит образует идиоморфные зерна размером около 100 мкм в длину. По составу монацит относится к цериевой разновидности и характеризуется высокими содержаниями ThO_2 (до 23,6 мас.%) и UO_2 (до 2,5 мас.%). По результатам датирования монацит-(Ce) показывает средневзвешенный возраст 243 ± 7 млн лет. При построении зависимости $\text{ThO}_2^*-\text{PbO}$ точки ложатся на одну изохрону – 242 ± 17 млн лет, $\text{СКВО} = 0,21$.

Кроме того, в литиеносных пегматитах были встречены отдельные включения уранинита, в разрушенном метамиктном цирконе, которые методом CHIME дали возраста 250-255 млн лет.

Таким образом, литиеносные пегматиты, по данным различных методов датирования минералов, показывают два возраста – 255-254 млн лет (по слюдам, ураниниту) и 243-242 млн лет (по монациту). Из этого следует, что литиеносные пегматиты ЛП образовались позднее топаз-берилловых, становление которых происходило в среднепермское время, примерно 266 млн лет назад. Этот вывод сделан не только из геохронологических данных, но и геологических, так субвертикально залегающие литиеносные пегматиты секут пологозалегающие топаз-берилловые тела. Становление литиеносных пегматитов происходило примерно 255-254 млн лет назад. Еще позднее (около 244 млн лет назад), литиеносные жилы, подверглись вторичным преобразованиям.

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

Подобные жилы отнесены А.Е. Ферсманом (1940) к десилицированным пегматитам. Плагноклазиты ЛП образовались по топаз-берилловым гранитным пегматитам, косвенным признаком этого являются редкие факты наличия, в некоторых из них, реликтов исходного гранитного пегматита. Плагноклазиты залегают только в серпентинитах и обычно представляют собой протяженные жилы мощностью от 0,2 до 1 м. Залегание жил от субвертикального до субгоризонтального (реже), простираение их северо-восточное, меридиональное и северо-западное, местами они тектонизированы.

Эти тела состоят, главным образом, из мелкозернистого плагиоклаза (анортита, реже андезина); второстепенные – турмалин, кальцит и мусковит-хлоритовый агрегат. Кристаллы черно-синего турмалина (дравит с высоким содержанием минала увита) достигают 15 см в длину. На контакте жил с вмещающими серпентинитами постоянно отмечается флогопитовая (обычно хлоритизированная), иногда с присутствием антофиллитовой зоны (по серпентинитам) оторочка. Всего было закартировано 14 тел этого типа.

В плагиоклазитах ЛП автором найдены и описаны новые для объекта минералы: пирит, ториацит, шпинель, пирохлор, уранпирохлор, ишикаваит, анортит, сепиолит и барит. Так же дополнительно подтверждены и описаны порядка 30 минералов.

Ториацит встречен в виде зерен, размером до 5 мкм, в высокотермическом уранините, расположенном в агрегате анортита (рисунок 8). В ториаците отмечается примесь PbO до 0,8 мас. %.

Шпинель слагает редкие ксеноморфные зерна (рисунок 8), размером до 250 мкм, среди агрегата анортита. Имеет формулу $(Mg_{0.58}Fe_{0.38}Mn_{0.01})_{0.97}Al_{2.03}O_4$ и относится к плеонасту.

Пирохлор образует скопления (размером до 20 мкм) в ишикаваите среди агрегата анортита (рисунок 8). Из примесей отмечаются (в мас. %): Y_2O_3 до 1,90; PbO до 0,61; FeO до 4,43 и др.

Уранпирохлор обнаружен в виде кайм (до 40 мкм) вокруг зерен ишикаваита в агрегате анортита (рисунок 8). Из примесей отмечаются (в мас. %): WO_3 до 2,57; Y_2O_3 до 2,64; PbO до 0,94; CaO до 1,09.

Ишикаваит встречается в виде крупных вытянутых зерен, черного цвета, размером до 1 см по удлинению, среди анортитовой матрицы (рисунок 8). В минерале отмечаются следующие примеси (в мас. %): WO_3 до 3,12; Y_2O_3 до 3,56; PbO до 1,02; CaO до 1,34.

Анортит является главным минералом плагиоклазитов и слагает их центральную часть в виде агрегатов белого цвета (рисунок 8). Примесь минала альбита не превышает 5-8%.

Методом *SHIME* получены три датировки минералов из плагиоклазитов – 266 ± 17 млн лет (по реликтовому монациту, см. рисунок 9), 258 ± 3 и 244 ± 4 млн лет (по уранинитам). Так монацит-(Ce) образует зерна овальной формы (иногда со следами огранки), размером до 50 мкм в анортите. Минерал содержит (в мас. %): ThO_2 до 13,4; UO_2 до 0,8 и PbO до 0,18.

По всей видимости при попадании пегматитов в серпентиниты, первые подверглись процессу десиляции. Несколько позднее, в результате становления литиеносных пегматитов (258-255 млн лет назад) и при внешнем тепловом воздействии, с участием флюидов из окружающих серпентинитов, плагиоклазиты испытали наложенную перекристаллизацию. Еще позднее (244 млн лет назад), в результате постколлизийных процессов, произошла повторная перекристаллизация этих тел, при этом некоторые из них были тектонизированы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате изучения минералогии пегматитов и плагиоклазитов ЛП, 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, плумбопирокс, циркон, коффеинит, 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, полилитинит, стевенит, 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: ториацит, шпинель, пирокс, уранпирокс, ишикаваит, анортит, сепиолит, барит и пирит.

2. При картировании пегматитовых тел и плагиоклазитов ЛП установлено, что наиболее часто среди них встречаются 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 пегматиты (всего установлено 3 жилы).

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 оторочки.

4. Для литиеносных 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.%): 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 топаз-берилловых пегматитов возраст определен по тройной (уранинит-коффинит-монацитов) минеральной изохроне – $266,4 \pm 2,6$ млн лет. б) для литиеносных пегматитов возраст определен по нескольким минералам, слюдам – 255 млн лет, ураниниту – 250 ± 9 млн лет и Th-Са-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.

6. По всем признакам плагиоклазиты образовались по топаз-берилловым пегматитам. Так автор неоднократно наблюдал переходные типы, которые внешне очень схожи с плагиоклазитами, а минералогически это были измененные пегматиты. Это же подтверждается и тем, что плагиоклазиты ближе всего соответствуют геохимическому типу (NYF). Косвенным доказательством является также и одновременный возраст их начального 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 ЛП проходило в два этапа, в среднепермское время (266 млн лет) формировались топаз-

берилловые пегматиты, а в позднепермское время (250-255 млн лет) образовались литиеносные пегматиты с цветным турмалином. Плагноклазиты образовались по топаз-берилловым пегматитам, при их попадании в серпентиниты. В позднепермское время плагноклазиты под влиянием становления литиеносных пегматитов перекристаллизовались. В раннем триасе (244 млн лет), в результате постколлизийных процессов пегматиты и плагноклазиты подверглись тектоническим деформациям и вторичным изменениям.

8. Перспективы развития темы определяются проведенными исследованиями, позволяющими сделать вывод о том, что на ЛП 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 топаз-берилловые пегматиты (содержащие берилл, хризоберилл, реже топаз) и плагноклазиты (с Nb-U оруденением и интересной минерализацией представленной дравитом, хризобериллом, фенакитом, реже благородным 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 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 и других исследователей, касающихся установления обычно двух этапов формирования гранитных пегматитов (бериллоносных и натро-литоносных) в пределах редкометалльных полей и могут быть положены в основу дальнейших исследований, а также стать научно-практической базой для развития Заказника.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии:

1. 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.

2. Попов, М.П., Каменные кладовые Самоцветной полосы Урала Природно-минералогический заказник «Режевской» / 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: ООО «ДжиЛайм», 2020. – 160 с.

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. 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.

2. **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.

3. **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.

4. **Zakharov A.V.** Fluor-elbaite, fluoronatromicrolite and fluorcalcio-microlite from lithium-bearing granite pegmatites of Lipovka (Middle Ural) // Известия УГГУ. – 2019. – Вып. 4(56). – С. 21–26.

5. **Zakharov A.V.** On the finding of zincohogbomite in the granite pegmatites of the Lipovskoe vein field (Middle Urals) // Известия УГГУ. – 2020. – Вып. 3(59). – С. 27–34.

6. Смирнов, В.Н. 40Ar-39Ar 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. - Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2022. - Т. 22. -№5. - С. 612-623.

7. **Zakharov, A.V.** Geochronology of plagioclase veins from the Lipovskoye pegmatite field (Middle Urals) / A.V. Zakharov, V.V. Khiller // Известия УГГУ. - 2022. - Vol. 4(68). - P. 7-15.

8. **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). - С. 24-31.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus и в Перечень ВАК:

9. Khiller, V.V., Erokhin Yu.V., **Zakharov A.V.**, Ivanov K.S. Th–U–Pb dating of granite pegmatites of the Lipovskoye vein field (Urals) for three minerals // Doklady Earth Sciences. –2014. –Vol. 455. Part 1. – P. 323-326.

Таблица 1 – Список минеральных видов пегматитов и плагиоклазитов ЛП

№	Минерал	Автор	Год	Тип пегматита (место находки)	№	Минерал	Автор	Год	Тип пегматита (место находки)
Самородные элементы, карбиды									
1	золото	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые	34	танталит-(Fe)	Паутов Л.А.	1980	топаз-берилловые
2	медь	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые	35	танталит-(Mg)	Пеков И.В. и др.	2003	плагиоклазиты
3	серебро	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые	36	танталит-(Sb)	Пеков И.В. и др.	2008	лепидолит-альбитовые
4	свинец	Захаров А.В. и др.	2017	топаз-берилловые	37	танталит-(Bi)	Пеков И.В. и др.	2008	лепидолит-альбитовые
5	висмут	Захаров А.В. и др.	2017	топаз-берилловые	38	микролит-(Pb)	Меметова Л.Р. и др.	2003	лепидолит-альбитовые
6	муассанит	Миронов А.И. и др.	1972	топаз-берилловые	39	микролит-(Bi)	Меметова Л.Р. и др.	2003	лепидолит-альбитовые
7	графит	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты	40	микролит-(U)	Меметова Л.Р. и др.	2003	лепидолит-альбитовые
Сульфиды, арсениды, стибниды					41	фторнатро-микролит	Хиллер В.В., Захаров А.В.	2018	лепидолит-альбитовые
8	галенит	Захаров А.В. и др.	2017	топаз-берилловые	42	фторкальцио-микролит	Хиллер В.В., Захаров А.В.	2018	лепидолит-альбитовые
9	киноварь ?	Миронов А.И. и др.	1972	топаз-берилловые	43	пирохлор*	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
10	пирит	Захаров А.В. и др.	2017	плагиоклазиты	44	пирохлор-(Pb)*	Ерохин Ю.В. и др.	2014	топаз-берилловые
Окислы и гидроокислы					45	пирохлор-(U)*	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
11	кварц	Воробьев В.И.	1904	лепидолит-альбитовые	46	ишикавант	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
12	корунд	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты	47	ферсмит	Пеков И.В. и др.	2008	плагиоклазиты
13	рутил	Миронов А.И. и др.	1972	топаз-берилловые	48	эвксенит-(Y)	Пеков И.В. и др.	2008	топаз-берилловые
14	уранинит	Миронов А.И. и др.	1972	лепидолит-альбитовые	49	эшинит?	Миронов А.И. и др.	1972	лепидолит-альбитовые
15	торианит	Захаров А.В. и др.	2017	плагиоклазиты	Силикаты				
16	касситерит	Миронов А.И. и др.	1972	лепидолит-альбитовые	50	фенакит	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты
17	вернадит	Миронов А.И. и др.	1972	топаз-берилловые	51	циркон	Пеков И.В. и др.	2008	плагиоклазиты
18	хризоберилл	Кайнов В.И. и др.	1986	топаз-берилловые	52	коффинит	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые
19	ганит	Пеков И.В. и др.	2008	лепидолит-альбитовые	53	альмандин	Меметова Л.Р. и др.	2005	топаз-берилловые
20	магнетит	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты	54	спессартин	Кайнов В.И. и др.	1999	топаз-берилловые
21	шпинель	Захаров А.В. и др.	2014	плагиоклазиты	55	топаз	Ферсман А.Е.	1922	топаз-берилловые
22	цинкохёгбомит	Захаров А.В. и др.	2019	топаз-берилловые	56	дюмортьерит	Кайнов В.И. и др.	1999	топаз-берилловые
23	ильменит	Малеев В.П. и др.	1960	топаз-берилловые	57	андалузит	Ферсман А.Е.	1962	плагиоклазиты
24	литιοфорит	Ханин Д.А., Захаров А.В.	2012	топаз-берилловые	58	титанит	Малеев В.П. и др.	1960	топаз-берилловые
25	асболан	Пеков И.В. и др.	2008	топаз-берилловые	59	берилл	Воробьев В.И.	1905	лепидолит-альбитовые
26	коронадит	Пеков И.В. и др.	2008	топаз-берилловые	60	кордиерит	Ферсман А.Е.	1962	плагиоклазиты
27	брусит	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты	61	альмандин	Меметова Л.Р. и др.	2005	топаз-берилловые
28	гётит	Пеков И.В. и др.	2008	топаз-берилловые	62	спессартин	Кайнов В.И. и др.	1999	топаз-берилловые
Тантало-ниобаты					63	топаз	Ферсман А.Е.	1922	топаз-берилловые
29	колумбит-(Mn)	Бонштедт Э.М.	1925	лепидолит-альбитовые	64	дюмортьерит	Кайнов В.И. и др.	1999	топаз-берилловые
30	колумбит-(Fe)	Пеков И.В. и др.	2008	топаз-берилловые	65	андалузит	Ферсман А.Е.	1962	плагиоклазиты
31	колумбит-(Mg)	Пеков И.В. и др.	2008	плагиоклазиты	66	титанит	Малеев В.П. и др.	1960	топаз-берилловые
32	колумбит-(Sb)	Ферсман А.Е.	1940	лепидолит-альбитовые	67	эльбант	Сердюченко Д.П.	1984	лепидолит-альбитовые
33	танталит-(Mn)	Пеков И.В. и др.	2008	плагиоклазиты	68	фтор-эльбант	Хиллер В.В., Захаров А.В.	2018	лепидолит-альбитовые

Продолжение таблицы 1

№	Минерал	Автор	Год	Тип пегматита (место находки)	№	Минерал	Автор	Год	Тип пегматита (место находки)
69	сподумен	Миронов А.И. и др.	1972	лепидолит-альбитовые	Карбонаты				
70	антофиллит	Попов В.А. и др.	1996	лагиоклазиты	98	кальцит	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты
71	актинолит	Ферсман А.Е.	1962	лепидолит-альбитовые	99	бастнезит	Миронов А.И. и др.	1972	топаз-берилловые
72	Mg-гогорнблендит	Пеков И.В. и др.	2008	плагиоклазиты	Фосфаты				
73	эденит	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты	100	фторапатит	Пеков И.В. и др.	2008	лепидолит-альбитовые
74	мусковит	Миронов А.И. и др.	1972	лепидолит-альбитовые	101	монацит-(Ce)	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые
75	флогопит	Ферсман А.Е.	1962	лепидолит-альбитовые	102	ксенотим-(Y)	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые
76	трилитионит	Пеков И.В. и др.	2008	лепидолит-альбитовые	103	чералит	Пеков И.В. и др.	2002	лепидолит-альбитовые
77	полилитионит	Ерохин Ю.В.,	2011	лепидолит-альбитовые	104	литофиллит?	Миронов А.И. и др.	1972	лепидолит-альбитовые
78	масутомилит	Пеков И.В. и др.,	2008	лепидолит-альбитовые	105	гердерит?	Миронов А.И. и др.	1972	лепидолит-альбитовые
79	каолинит	Миронов А.И. и др.	1972	лепидолит-альбитовые	Сульфаты				
80	монтмориллонит	Пеков И.В. и др.	2008	топаз-берилловые	106	барит	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
81	сениолит	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты	Галоиды				
82	нонтронит	Пеков И.В. и др.	2008	плагиоклазиты	107	флюорит	Чурсина М.Ф. и др.	1957	топаз-берилловые
83	вермикулит	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты	Примечание: полужирным шрифтом выделены минералы, которые описаны при участии автора; в последней колонке указано место первой находки минерала; ?-минерал требует подтверждения (*-дополнительного изучения).				
84	антигорит	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты					
85	тремолит	Кандыкин Ф.И.	1922	лепидолит-альбитовые					
86	талък	Попов В.А. и др.	1996	лагиоклазиты					
87	клинохлор	Попов В.А. и др.	1996	плагиоклазиты					
88	кукеит	Гинзбург А.И.	1953	лепидолит-альбитовые					
89	стевенсит	Ерохин Ю.В.,	2017	лепидолит-альбитовые					
90	ортотлаз	Ферсман А.Е.	1962	топаз-берилловые					
91	микроклин	Ферсман А.Е.	1962	топаз-берилловые					
92	альбит	Ферсман А.Е.	1962	лепидолит-альбитовые					
93	анортит	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты					
94	петалит	Крыжановский В.И.	1911	лепидолит-альбитовые					
95	данбурит?	Мельницкий В.В.	1955	лепидолит-альбитовые					
96	поллуцит	Миронов А.И. и др.	1972	лепидолит-альбитовые					
97	гармотом	Пеков И.В. и др.	2008	лепидолит-альбитовые					

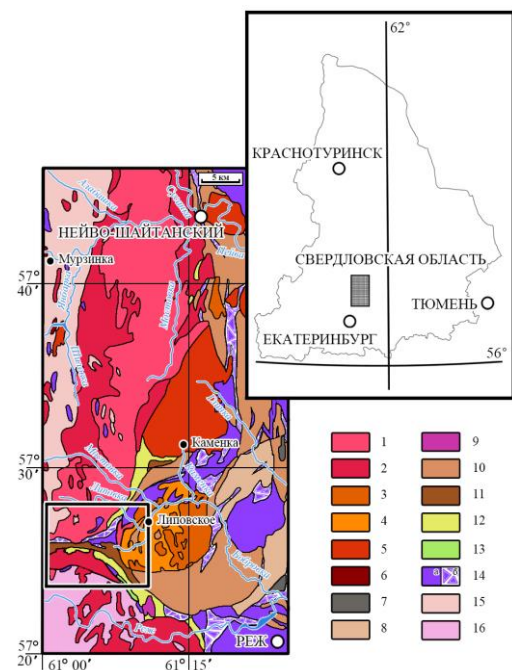


Рисунок 1 – Обзорная геологическая карта, домеловых образований вокруг Липовского жильного поля, составлена по (Казакову и др., 2018) с изменениями автора. Условные обозначения: 1 – Мурзинский комплекс (T_{1-2m}); 2 – Адуйский гранитный комплекс (P_{3ad}); 3-4 – Петуховский монцодиорит-гранитовый комплекс (P_{1pt}), 5 – Каменский гранодиорит-гранитовый комплекс (C_{3km}); 6 – Южакровский плагиогранитовый комплекс (C_{1j}); 7 – Бекленищевская свита. Известняки, песчаники, алевролиты (C_{1bk}); 8 – Маминская толща. Базальты, андезибазальты (D_{2-3mm}); 9 – Алтынайский комплекс. Диориты (D_{1-2al}); 10 – Рудянская толща. Базальты, андезибазальты (D_{1-2rd}); 11 – Терригенно-карбонатная толща (D_{1tc}); 12 – Кристаллические сланцы колютинской свиты (S_{2-3kl}); 13 – Вулканыты белоярской толщи (O_{3bj}); 14 – а) гипербазиты алапаевского комплекса (V), б) серпентинитовый меланж; 15 – Алабашская серия. Гнейсы, сланцы и мрамора (RF_{2ab}); 16 – Адуйский комплекс. Плагиогнейсы, гранитогнейсы (RF_{1ad})

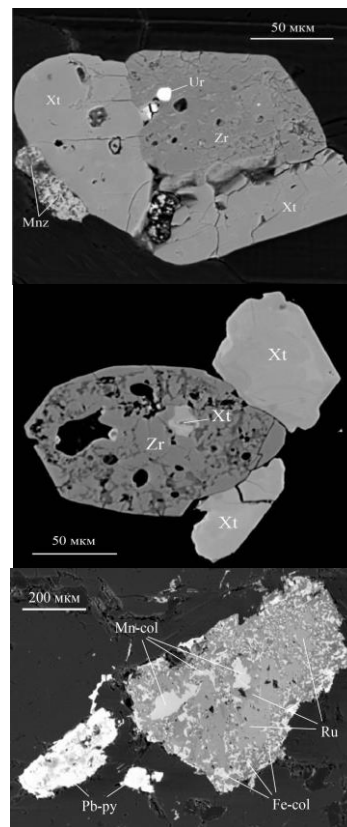


Рисунок 3 – Некоторые из акцессорных минералов в топаз-берилловых пегматитах:
Mn-col – манганоколумбит, Fe-col – ферроколумбит, Ru – рутил, Pb-py – плумбопирохлор, Zr – циркон, Xf – ксенотим, Mnz – монацит, Ur – уранинит

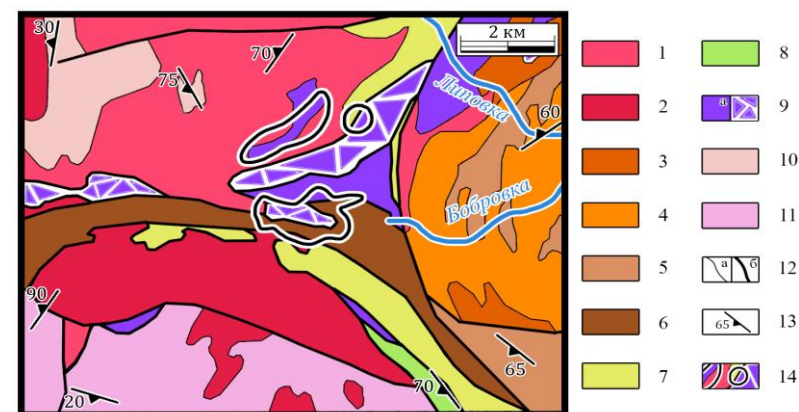


Рисунок 2 – Геологическая схема домеловых образований Липовского жильного поля составлена по (Казакову и др., 2018) с незначительными изменениями автора. Условные обозначения приведены на рисунке 1

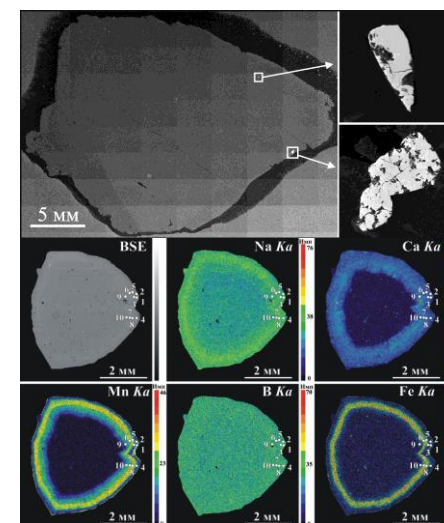


Рисунок 4 – Фторнатромикролит и фторкальциомикролит в матрице фтор-эльбаита (верхнее левое фото); элементное картирование поперечного среза кристалла эльбаита с внешней каймой фтор-эльбаита, на первом снимке отражена однородность кристалла (правое фото)

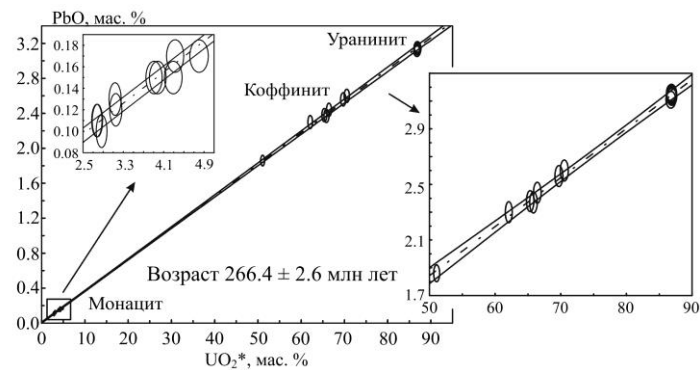


Рисунок 5 – Трёхминеральная UO_2^* –PbO изохрона, построенная по микрозондовым анализам монацита, уранинита и коффинита из топаз-берилловых пегматитов ЛП

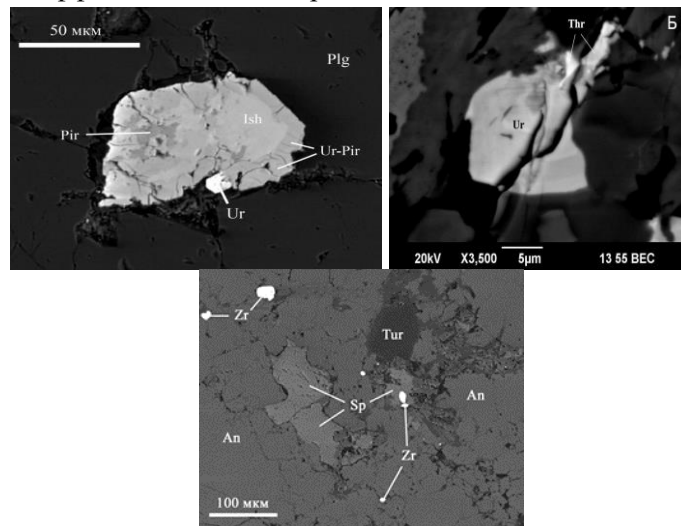


Рисунок 8 – Некоторые из минералов найденных в плагиоклазитах: An – анортит, Sp – шпинель, Tur – турмалин, Zr – циркон, Plg – плагиоклаз, Thr – торианит, Ish – ишикаваит, Pir – пироклор, Ur-Pir – уран-пироклор, Ur – уранинит

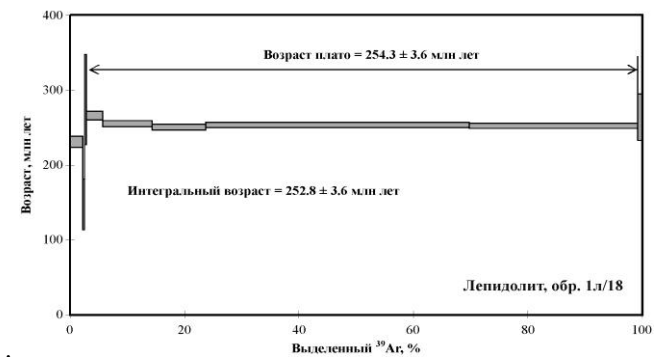


Рисунок 6 – $^{40}Ar/^{39}Ar$ возраст лепидолита из литиеносного пегматита

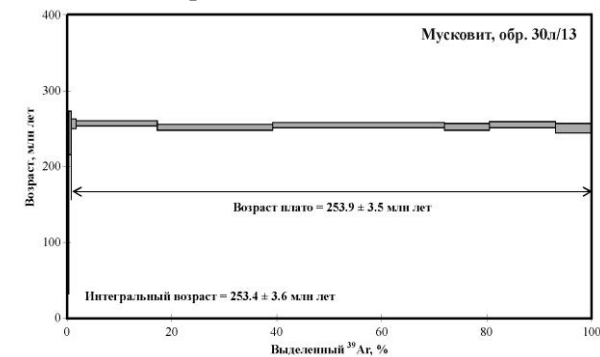


Рисунок 7 – $^{40}Ar/^{39}Ar$ возраст мусковита из литиеносного пегматита

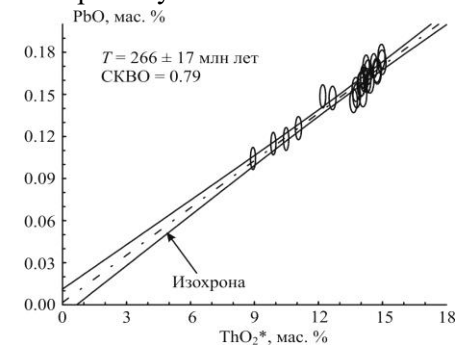


Рисунок 9 – Изохрона по реликтовому монациту из плагиоклазитов