

*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:**

*Кривовичев Владимир Герасимович*

доктор геолого-минералогических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра минералогии, профессор;

*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.

**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](http://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<sub>общ</sub> 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, торидит, 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 СНИМЕ 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-У, 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, дюмортъерит, 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 САМЕСА 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 пирохлора, ишикаваит, ферсмит и др., сформировались по топаз-берилловым пегматитам. Возраста их образования –  $258 \pm 6$  млн лет и преобразования –  $244 \pm 7$  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 СИМЕ 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 (литиеносные); 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  $40^\circ$  до  $90^\circ$ , 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 (Černý, 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 (Černý, 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 ЛСТ-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 датированных 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  $261 \pm 6$  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.

**Ar-Ar 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  $\approx 254$  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 СИМЕ.* 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<sub>2</sub> (до 23,6 мас.%) и UO<sub>2</sub> (до 2,5 мас.%). По результатам датирования монацит-(Ce) показывает средневзвешенный возраст 243±7 млн лет. При построении зависимости ThO<sub>2</sub>\*-PbO точки ложатся на одну изохрону – 242±17 млн лет, СКВО = 0,21.

Кроме того, в литиеносных пегматитах были встречены отдельные включения уранинита, в разрушенном метамиктном цирконе, которые методом СИМЕ 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. Плаггиоклазиты, 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. Плаггиоклазиты ЛП образовались по топаз-берилловым гранитным пегматитам, косвенным признаком этого являются редкие факты наличия, в некоторых из них, реликтов исходного гранитного пегматита. Плаггиоклазиты залегают только в серпентинитах и обычно представляют собой протяженные жилы мощностью от 0,2 до 1 м. Залегание жил от субвертикального до субгоризонтального (реже), простирание 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, торианит, шпинель, пирохлор, уранпирохлор, ишикаваит, анортит, сепиолит и барит. Так же дополнительно подтверждены и описаны порядка 30 минералов.

**Торианит** встречен в виде зерен, размером до 5 мкм, в высокотермическом уранините, расположенном в агрегате анортита (рисунок 8). В торианите 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 *СНИМЕ* получены три датировки минералов из плагиоклазитов –  $266 \pm 17$  млн лет (по реликтовому монациту, см. рисунок 9),  $258 \pm 3$  и  $244 \pm 4$  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 десициации. 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, плумбопироклор, 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: торинит, шпинель, пироклор, уранпироклор, ишикаванит, 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  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  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 –  $250 \pm 9$  млн лет и Th-Sa-монациту –  $244 \pm 15$  млн лет. в) для плагиоклазитов установлено три возраста –  $269 \pm 8$  млн лет (изохрона по реликтовому монациту),  $258 \pm 3$  и  $244 \pm 4$  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 постколлизии 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, фенацитом, 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)
<b>Самородные элементы, карбиды</b>									
1	<b>золото</b>	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые	34	танталит-(Fe)	Паутов Л.А.	1980	топаз-берилловые
2	<b>медь</b>	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые	35	танталит-(Mg)	Пеков И.В. и др.	2003	плагиоклазиты
3	<b>серебро</b>	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые	36	танталит-(Sb)	Пеков И.В. и др.	2008	лепидолит-альбитовые
4	<b>свинец</b>	Захаров А.В. и др.	2017	топаз-берилловые	37	танталит-(Bi)	Пеков И.В. и др.	2008	лепидолит-альбитовые
5	<b>висмут</b>	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
<b>Сульфиды, арсениды, стибниды</b>					41	<b>фторнатро-микролит</b>	Хиллер В.В., Захаров А.В.	2018	лепидолит-альбитовые
8	<b>галенит</b>	Захаров А.В. и др.	2017	топаз-берилловые	42	<b>фторкальцио-микролит</b>	Хиллер В.В., Захаров А.В.	2018	лепидолит-альбитовые
9	киноварь ?	Миронов А.И. и др.	1972	топаз-берилловые	43	<b>пирохлор*</b>	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
10	<b>пирит</b>	Захаров А.В. и др.	2017	плагиоклазиты	44	<b>пирохлор-(Pb)*</b>	Ерохин Ю.В. и др.	2014	топаз-берилловые
<b>Оксиды и гидроокислы</b>					45	<b>пирохлор-(U)*</b>	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
11	кварц	Воробьев В.И.	1904	лепидолит-альбитовые	46	<b>ишикавант</b>	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	<b>торианит</b>	Захаров А.В. и др.	2017	плагиоклазиты	<b>Силикаты</b>				
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	<b>коффинит</b>	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	<b>шпинель</b>	Захаров А.В. и др.	2014	плагиоклазиты	55	топаз	Ферсман А.Е.	1922	топаз-берилловые
22	<b>цинкохётгомит</b>	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	<b>литιοфорит</b>	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
<b>Тантало-ниобаты</b>					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	<b>фтор-эльбант</b>	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	<b>Карбонаты</b>				
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	<b>Фосфаты</b>				
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	<b>монацит-(Ce)</b>	Ерохин Ю.В. и др.	2010	топаз-берилловые
75	флогопит	Ферсман А.Е.	1962	лепидолит-альбитовые	102	<b>ксенотим-(Y)</b>	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	<b>полилитионит</b>	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	<b>Сульфаты</b>				
80	монтмориллонит	Пеков И.В. и др.	2008	топаз-берилловые	106	<b>барит</b>	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты
81	<b>сениолит</b>	Ерохин Ю.В. и др.	2011	плагиоклазиты	<b>Галоиды</b>				
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	<b>стевенсит</b>	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	<b>анортит</b>	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					

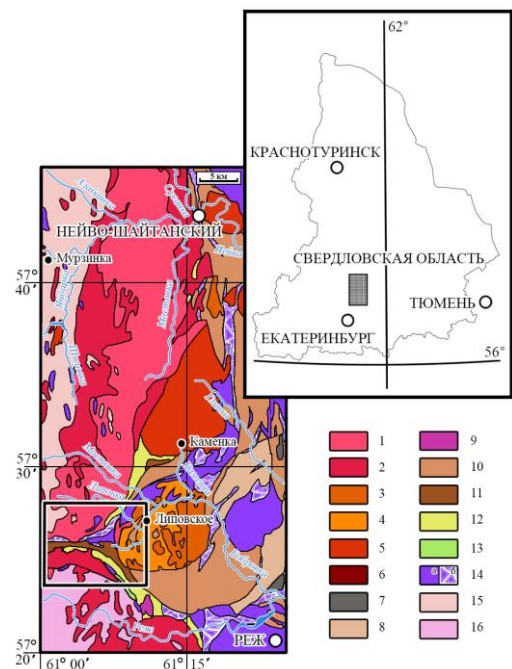


Рисунок 1 – Обзорная геологическая карта, домеловых образований вокруг Липовского жильного поля, составлена по (Казакову и др., 2018) с изменениями автора. Условные обозначения: 1 – Мурзинский комплекс ( $T_{1-2m}$ ); 2 – Адуйский гранитный комплекс ( $P_{3ad}$ ); 3-4 – Петуховский монцодиорит-гранитовый комплекс ( $P_{1pt}$ ), 5 – Каменский гранодиорит-гранитовый комплекс ( $C_{3km}$ ); 6 – Южакровский плагиигранитовый 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 колоткинской 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. Плагиигнейсы, гранитогнейсы ( $RF_{1ad}$ )

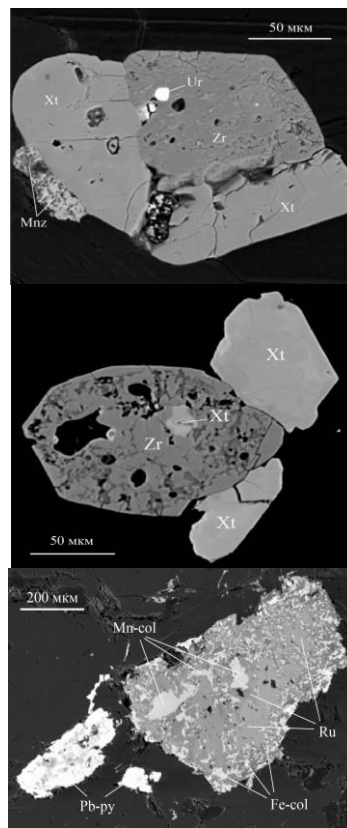


Рисунок 3 – Некоторые из акцессорных минералов в топаз-берилловых пегматитах:  
Mn-col – манганоколумбит, Fe-col – ферроколумбит, Ru – рутил, Pb-py – плумбопирохлор, Zr – циркон, Xt – ксенотим, Mnz – монацит, Ur – уранинит

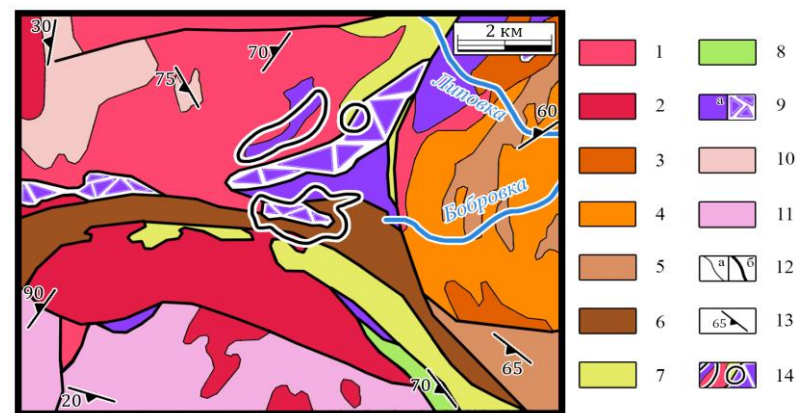


Рисунок 2 – Геологическая схема домеловых образований Липовского жильного поля составлена по (Казакову и др., 2018) с незначительными изменениями автора. Условные обозначения приведены на рисунке 1

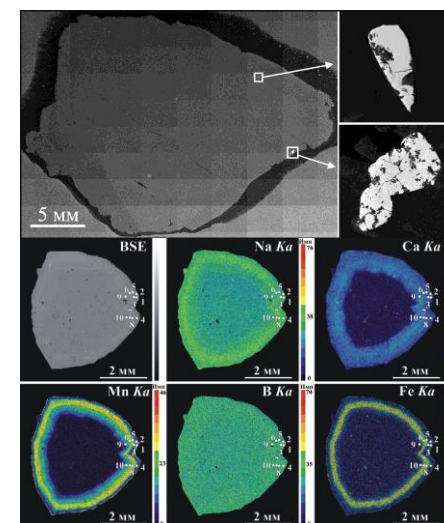


Рисунок 4 – Фторнатромикролит и фторкальциомикролит в матрице фтор-эльбаита (верхнее левое фото); элементное картирование поперечного среза кристалла эльбаита с внешней каймой фтор-эльбаита, на первом снимке отражена однородность кристалла (правое фото)

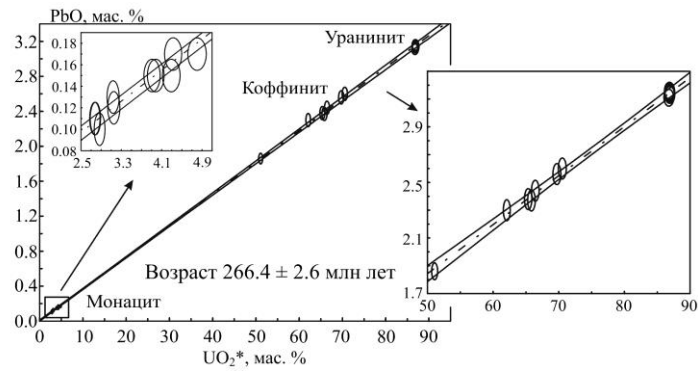


Рисунок 5 – Трёхминеральная  $UO_2^*$ -PbO изохрона, построенная по микронзондовым анализам монацита, уранинита и коффинита из топаз-берилловых пегматитов ЛП

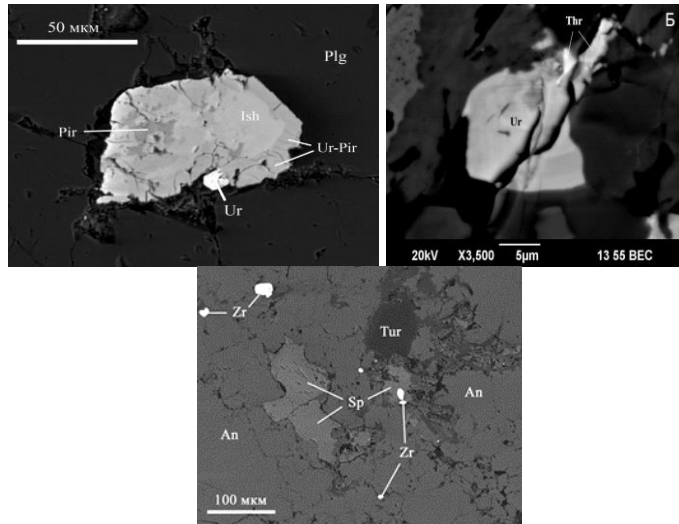


Рисунок 8 – Некоторые из минералов найденных в плагиоклазитах: An – анортит, Sp – шпинель, Tur – турмалин, Zr – циркон, Plg – плагиоклаз, Thr – торианит, Ish – ишикаваит, Pir – пироклор, Ur-Pir – уран-пироклор, Ur – уранинит

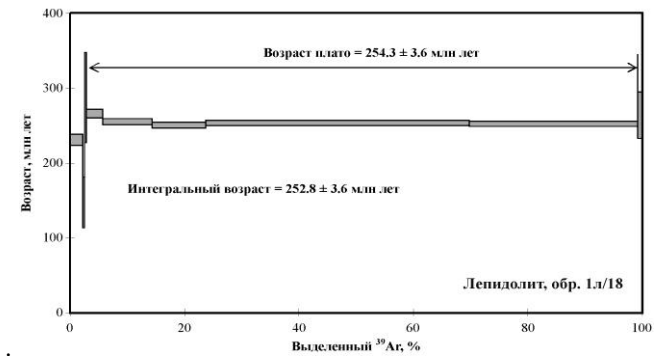


Рисунок 6 –  $^{40}Ar/^{39}Ar$  возраст лепидолита из литиеносного пегматита

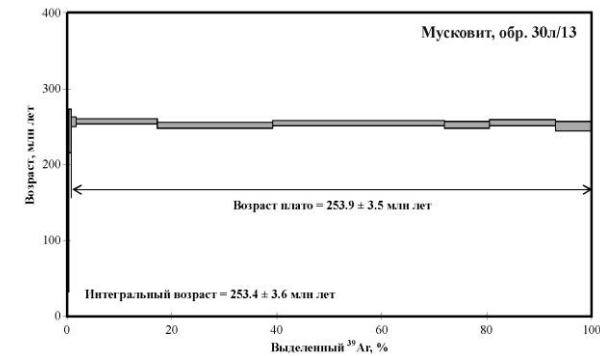


Рисунок 7 –  $^{40}Ar/^{39}Ar$  возраст мусковита из литиеносного пегматита

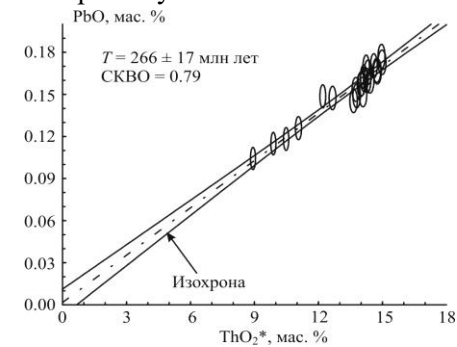


Рисунок 9 – Изохрона по реликтовому монациту из плагиоклазитов