

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СПбГУ)

Институт наук о Земле

Шубина Наталья Евгеньевна

Выпускная квалификационная работа

**Геохимия и минералогия различных типов оруденения, связанных с Этыкинским
массивом литий-фтористых гранитов в Восточном Забайкалье**

Направление 05.04.01 – «Геология»

«К ЗАЩИТЕ»

Научный руководитель:
кандидат геол.-мин. наук,
доцент Баданина Е.В.

«_»_____2022

Заведующий кафедрой:
доктор геол.-мин. наук,
профессор Чарыкова М.В.

«_»_____2022

Санкт-Петербург
2022

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Краткий физико-географический очерк	5
Глава 2. Геология района работ	7
Глава 3. Геолого-петрографическая характеристика Этыкинского рудного поля.....	13
3.1. Геологическая изученность объекта.....	13
3.2. Строение Этыкинского рудного поля	18
3.3. Петрографическая характеристика пород массива	21
Глава 4. Закономерности распределения петрогенных и рассеянных элементов в породах Этыкинского рудного поля.....	30
Глава 5. Особенности минерального состава пород Этыкинского рудного поля	40
5.1. Химический состав слюд.	40
5.2. Акцессорные минералы.	44
5.2.1. Циркон.	44
5.2.2. Микролит.	47
Глава 6. Температуры кристаллизации пород Этыкинского интрузива.....	54
Глава 7. Геохронологические исследования.....	56
Заключение	58
Список литературы.....	59

Введение

Этыкинский рудный узел в Восточном Забайкалье представляет собой уникальный геологический объект, на примере которого выявляется многообразие металлогенических и генетических типов оруденения, связанных с Li-F редкометальными гранитами. Как известно, Ta и Nb в виде тонкозернистой вкрапленности концентрируются в массиве амазонитовых гранитов. Оруденение лития приурочено к метасоматитам экзоконтактового ареала. Оловянное и вольфрамовое оруденение связано с кварцево-жильной формацией дальнего ареала массива. Наиболее удалёнными от массива являются сульфидные руды, связанные с зонами брекчирования.

Месторождения Этыкинского рудного узла изучаются с 1956 года по мере открытия и разработки разных типов оруденения, что определило многообразие имеющихся фондовых материалов и публикации, посвящённых отдельным типам оруденения (фондовые отчёты (1963, 1983), статьи: Левицкий О.Д. и др. (1963), Коваль (1976), Бескин С.М. и др. (1994), Костицын и др. (2004) и др.).

К настоящему времени к наиболее актуальной проблемой изучения Этыкинского рудного узла является выяснение характера генетической связи многочисленных типов месторождений приуроченных к ареалу Этыкинского массива. Остаются нерешёнными многие проблемы:

1. Механизм возникновения танталового оруденения в гранитах (фракционная кристаллизация, жидкостные несмесимости, послемагматический метасоматоз?);
2. Источник вещества рудных кварц-топазовых жил с касситеритом, в качестве которых можно рассматривать «стандартные» граниты раннего этапа, амазонитовые граниты, метасоматически изменённые вмещающие породы.
3. Состав пород «Li-залежи», Li-роговиков, экзоконтактовых грейзенов, время и условия её возникновения.
4. Возрастные соотношения различных типов оруденения Этыкинского рудного поля

Актуальность работы. Проблема формирования редкометальной минерализации является одним из фундаментальных вопросов геологической науки. Этыкинское месторождение является перспективным объектом для изучения особенностей генезиса редких металлов в гранитоидных системах.

Цель работы. Охарактеризовать минеральный состав пород и руд Этыкинского рудного узла, оценить возрастные соотношения типов оруденения на этой основе выяснить условия формирования редкометальной минерализации, связанной с Li-F гранитами.

Задачи:

1. Изучение петрографии, петрохимического и редкоэлементного состава амазонитовых гранитов, вмещающих их Li-роговиков и жильных образований.
2. Изучение составов слюд из амазонитовых гранитов.
3. Изучение состав акцессорной и рудной минерализации - циркона, пироклора-микролита
4. Изотопно-геохронологические исследования

Методика исследования:

- Описание представительных образцов пород Этыкинского месторождения (амазонитовые граниты, дайки онгонитов, грейзены, роговики)
- Отбор монофракций акцессорных минералов тяжелой фракции исследуемых пород интрузива (порядка 250 зёрен).
- Электронный микроанализ минералов в пластинках пород, в шайбах, (801 спектр) (*Hitachi S-3400N Ресурсный центр СПбГУ «Геомодель»*)
- Определение петрохимического и редкоэлементного состава пород методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) во ВСЕГЕИ
- Подготовка монофракций касситерита из гранитов и жил для проведения геохронологических исследований

Глава 1. Краткий физико-географический очерк

Этыкинский массив литий-фтористых гранитов находится в Восточном Забайкалье. В административном плане расположен в пределах БалеЙского района Читинской области.



Рисунок 1. Месторождение Этыка на карте РФ. (<https://ru.wikipedia.org>)

В физико-географическом отношении рассматриваемая территория находится в осевой части Кукулбейского хребта. Ландшафт среднегорный крутосклонный, сильно расчленённый. Район находится на высотах более 1000м над уровнем моря. Абсолютные отметки колеблются от 1000 до 1390м.

Основными водотоками на площади являются верховья реки Талангуй (приток р. Унда) и её многочисленные притоки. Большинство долин рек узкие с крутыми (до 35°) бортами. Их водный режим характеризуется летними паводками в дождливое время и сильным снижением объёма водотока в засушливый период. Зимой реки промерзают и водоснабжение может производиться лишь за счет подмерзлотных вод, чья продуктивность невелика.

Климат района резкоконтинентальный. Средняя температура равна -3°С, наиболее низкие температуры -45°С приходятся на декабрь-январь, самые высокие +33°С - на июль. Среднегодовое количество осадков 400мм, основная часть которых выпадает в июле-августе. Присутствие в районе многолетней мерзлоты островного типа обусловлено малой величиной снежного покрова и отрицательными среднегодовыми температурами. Максимальная глубина сезонного промерзания грунта достигает 5 м.

Большая часть района (95%) заселена. Только южные склоны некоторых сопок и часть наиболее широких долин, которые сильно заболочены, относительно открыты.

Ближайший населённый пункт к массиву: пос. Золоторечинск находится в 10 км к северо-востоку. Население-949 человек (2021г.). Районный центр- г. БалеЙ расположен в 120

км к северу. Ближайшие железнодорожные станции находятся в 150км (г. Борзя) и 160 км (Приисковая). До близлежащей трассы Болей-Борзя 25 км. Со стороны пос.Турга, Курунзулай, Нижнее Гирюнино к участку возможен подъезд на автотранспорте в сухое время или зимой.

Энергоснабжение возможно от высоковольтной ЛЭП, соединяющей Холбонскую и Харанорскую ТЭЦ, которая проходит в 25 км к западу от бывшего пос. Этыка (ликвидирован в 1990 году). Водой район обеспечен недостаточно. Техническое водоснабжение возможно счет зарегулирования стока рч. Талангуя. Источником бытового водоснабжения могут быть трещинные воды пади Березовская в 3-х км к северо-востоку от пос. Этыка) Стройматериалами и крепежным лесом район обеспечен. Наём рабочей силы в районе месторождения затруднителен.

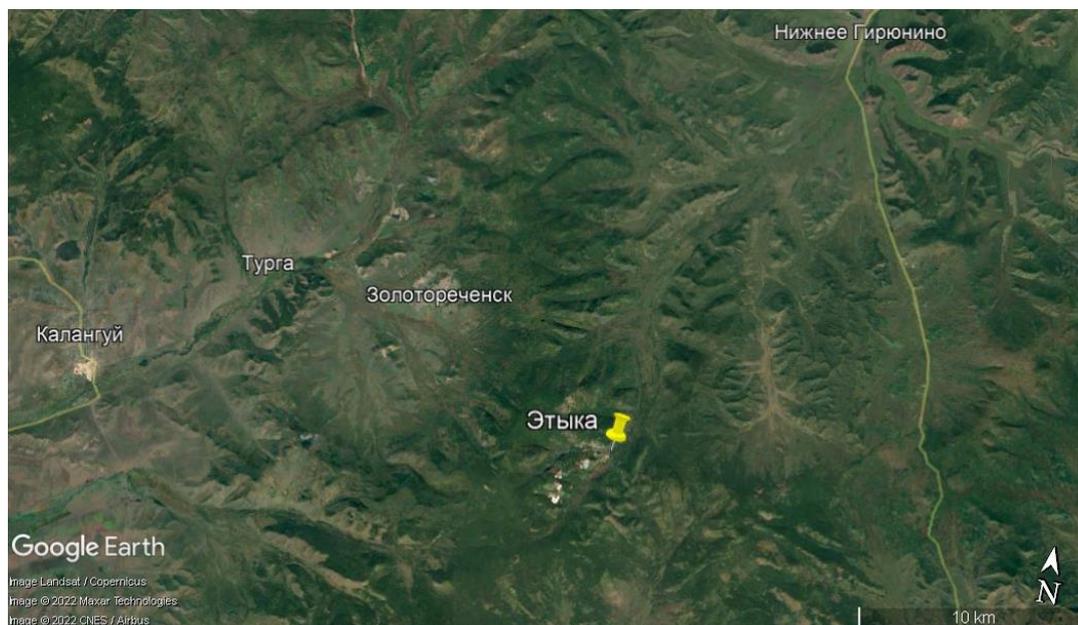


Рисунок 2. Ближайшие населённые пункты к месторождению Этыка.

Аэрофотоснимок.(<https://www.google.ru/intl/ru/earth/>)

Глава 2. Геология района работ

Этыкинское рудное поле расположено в пределах Олдондинского рудного района Восточного Забайкалья. (Рис.3.)

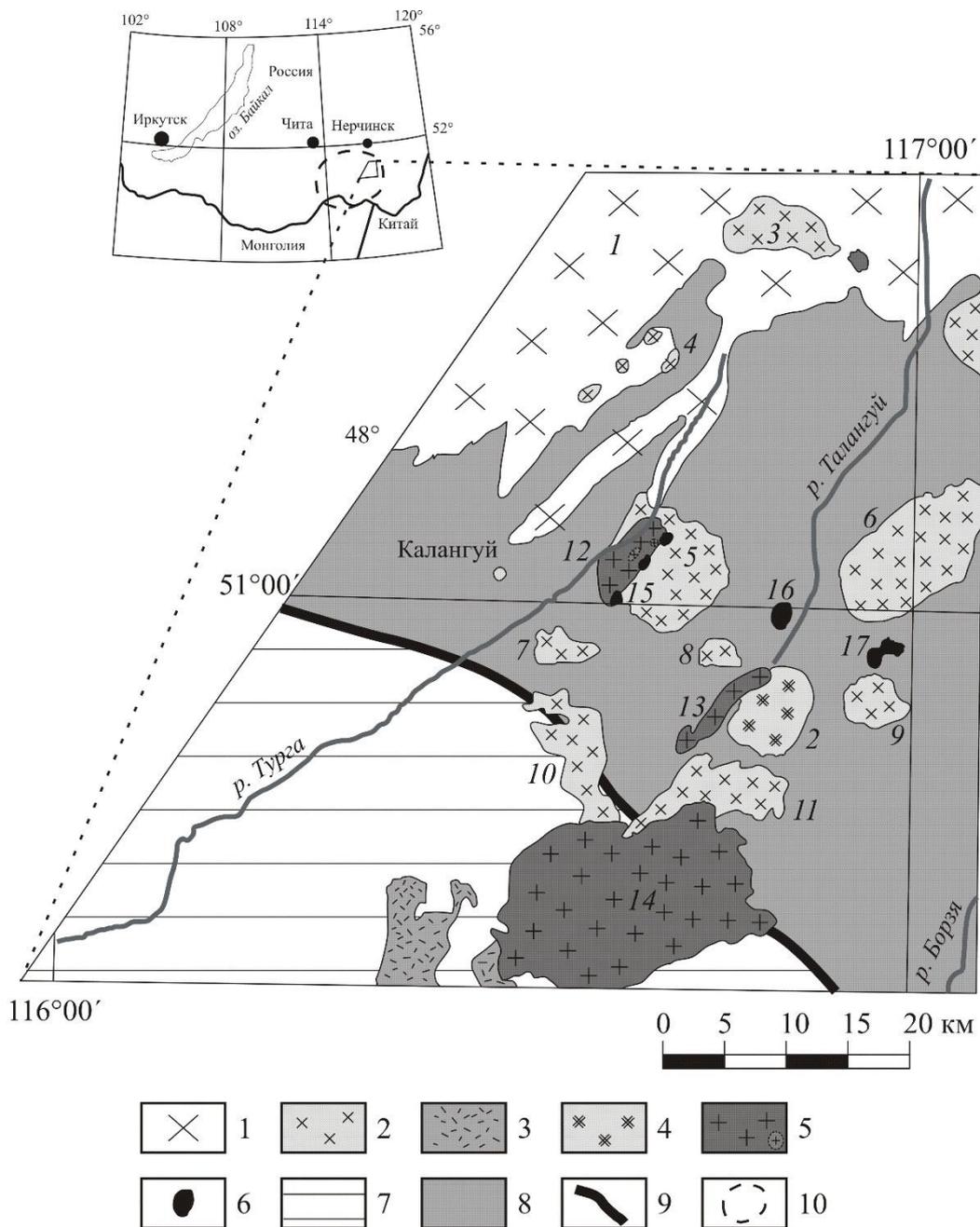


Рисунок 3. Схематическая геологическая карта кукульбейского рудного района по Г.П. Зарайскому и др. (2009) с дополнениями и изменениями.(Сырицо и др.,2021)

Условные обозначения: **5 – Тургинский мвссив**, **16 – Этыкинский массив**, **17 – Ачиканский массив**, **1 – ундинский гранит-гранодиоритовый комплекс (P1)**; **2 – шахтаминский монцодиорит-гранодиорит-гранитовый комплекс (J2–3)**; **3 – шадоронский субвулканический**

андезидацитовый комплекс (J2–3); 4 – олдондинский граносиенит-гранитовый комплекс (J3); 5–6 – кукульбейский гранит-лейкогранитовый комплекс (J3): 5 – граниты и лейкограниты (пунктиром обозначена вне масштаба выделяемая авторами ранняя фаза), 6 – литий-фтористые граниты; 7 – Агинско-Борщевочная аккреционная структурная зона: амфиболиты и гнейсы (PR1), вулканогенно-осадочные породы (PZ2–3) 8 – Газимуро-Аргунская структурно-формационная зона: терригенные отложения ононской и ононско-борзинской серий (J1–2): аргиллиты, алевролиты, песчаники, конгломераты; 9 – Восточно-Агинский структурный шов. Цифры на карте: 1 – Шундуинский массив ундинского комплекса; 2 – Олдондинский массив олдондинского комплекса; 3–12 – шахтаминский комплекс, массивы: 3 – Белухинский, 4 – Букукинская группа, 5 – Тургинский, 6 – Курунзулайский, 7 – Ноцуйский, 8 – Бырохчанский, 9 – Амныкенский, 10 – Антийский, 11 – Северо-Соктуйский; 12–14 – кукульбейский комплекс, массивы гранитов и лейкогранитов: 12 – Турга-Кулиндинский, 13 – Антоновогорский, 14 – Соктуйский; 15–17 – массивы и штоки литий-фтористых гранитов

Стратиграфия района

В геологическом строении района принимают участие осадочные породы нижней юры и кайнозоя. Осадочные отложения, развитые на описываемой территории, входят в состав Онон-Борзинской серии нижне-средне юрского возраста и интрузивные образования шахтаминского и кукульбейского комплексов.

Мезозойская группа.

Юрская система. Нижний отдел.

Онтагаинская свита, верхняя подсвита (J_{1on2}). В пределах района онтагаинская свита предсалена только верхней подсвитой. Она развита в верховьях рч. Амыкэн. Подсвита сложена песчаниками крупно и среднезернистыми с прослоями конгломератов, гравелитов, алевролитов и аргиллитов. Все породы верхне-онтагаинской подсвиты имеют отчетливое северо-восточное простирание с преобладающим падением на северо-запад под различными углами. Для подсвиты характерна сложная литологическая изменчивость отложений, увеличение мощности с юго-запада на северо-восток, замещение в этом же направлении морских фаций на прибрежноконтинентальные. Мощность верхней подсвиты в районе достигает 1500м. Возраст определен на основании находок фауны.

Сивачинская свита (нерасчлененная)- J_{1sv} выходит на поверхность также в верховьях ручья Амныкэн, где она залегает согласно на отложениях онтагаинской свиты. В разрезе ее резко преобладают конгломераты, верхи разреза сложены более мелкообломочными породами – песчаниками, алевролитами. Сивачинская свита, в силу своих литологических особенностей, является маркирующим горизонтом среди юрских осадочных образований. Мощность отложений её меняется от 400 до 700м.

Онон-Борзинская свита имеет наибольшее распространение. (J_{10b}) Представлена алевролитами, аргиллитами, песчаниками. В наиболее изученной, центральной части, свита подразделена на 4 пачки, характеризующие различным литологическим составом. Наибольшие по площади выходы отложений первой пачки (J_{10b1}) встречаются в районе Ачиканского участка и в приустьевой части пади Средняя Этыка. Она сложена полимиктовыми песчаниками с редкими линзами мелкогалечных и гравийных конгломератов. Вторая пачка (J_{10b2})- сложноперемежающиеся алевролиты, агиллиты и песчаники с линзами гравелитов и мелкогалечных конгломератов.

Третья пачка (J_{10b3})- песчаники мелко и среднезернистые, иногда грубозернистые, полимиктовые с отдельными прослоями и линзами алевролитов и аргиллитов.

Общая мощность свиты 2600-2700м. Отложения содержат фауну тоарского яруса.

Кайнозойская группа

Четвертичная система

Четвертичные отложения развиты повсеместно. Обычно представлены галечниками, песками, супесями, суглинками и щебнем. Мощность до 5м.

Магматизм

Для описываемой территории характерно проявление юрского магматизма. С ним связаны месторождения олова, вольфрама, и редких металлов. Становление интрузий проходила в два этапа, которым соответствуют два интрузивных комплекса- Шахтаминский (J₂₋₃) и Кукульбейский (J₃).

Шахтаминский комплекс

Гранитиоды шахтаминского комплекса обнажаются в приграничных частях описываемого района, а на глубине, возможно, распространены на большей его части. Характерно, что периоду становления этого комплекса соответствует интенсивное проявление складчатых деформаций. Массивы этих пород относятся к группе среднеглубинных. Они представлены образованиями второй фазы, в составе которых выделяются следующие фациальные разновидности: 1) порфиридные гранодиориты, кварцевые диориты, сиенито-диориты. 2) порфиридные биотитовые гранодиориты и граниты. 3) мелко-среднезернистые сиенито-диориты в эндоконтакте интрузии.

Эзоконтактовые изменения пород, вмещающих средне-верхнеюрские интрузии, характеризуются наличием мощных зон ороговикования и почти полным отсутствием грейзенизации. Жильные образования представлены гранодиорит-порфирами и диоритовыми порфиритами.

Кукульбейский комплекс

Образования этого комплекса развиты в бассейне рч. Верхняя Этыка, верховья пади Гепка и в верховьях рч. Амныкэн. Формирование массивов происходило уже после завершения складчатых деформаций, вследствие чего метаста их дислокации приурочены к крупным разрывным нарушениям регионального плана. Глубина образования небольшая, около 1000м. Для пород этого комплекса характерен кислый состав, невысокое содержание биотита, богаты набор акцессорных минералов, широкое проявление процессов грейзенизации.

Становление кукульбейского интрузивного комплекса проходило в две фазы:

I фаза-порфировидные и средензернистые двуслюдяные граниты, дайки гарнит-порфиров и фельзит—орфилов, аплитов.

II фаза- альбитизированные амазонитовые граниты. Жильная серия второй фазы представлена кварц-амазонтовыми и кварц-топазовыми жилами. Гранитоиды II фазы слагают два небольших массива: Ачиканский (1.5 км²) и Этыкинский (2.5 км²), который и является объектом данного исследования. Для гранитоидов второй фазы характерна глубокая постмагматическая переработка первичных магматических пород (альбитизация, грейзенизация) пророченная к купольной кровле массивов.

Тектоника:

Район располагается в юго-западной части Онон-Талангуйского прогиба. Прогиб выполнен юрскими морским осадками, мощность которых достигает 5000-6000м. Широкое развитие в пределах прогиба получил мезозойский магматизм. Почти все крупные интрузии приурочены к антиклинальным формам (Рис..). вмещающих породы зачастую, освивают широкие зоны региональных глубинных разломов, выделяемых по геофизическим данным.

Основной структурой района является Талангуйская синклиналь, сочленяющаяся на юго-востоке с Кукульбейской антиклиналью. Талангуйская синклиналь представляет собой асимметричную складку с пологим северо-западным и крутым юго-восточным крылом. Ядро и крылья синклинали осложнены складками более мелких порядков. В пределах Этыкинского рудного поля северо-западное крыло Талангуйской синклинали осложнено Этыкинской антиклиналью идущей в северо-восточном направлении вдоль левого борта пади Гепка.(Рис.7)

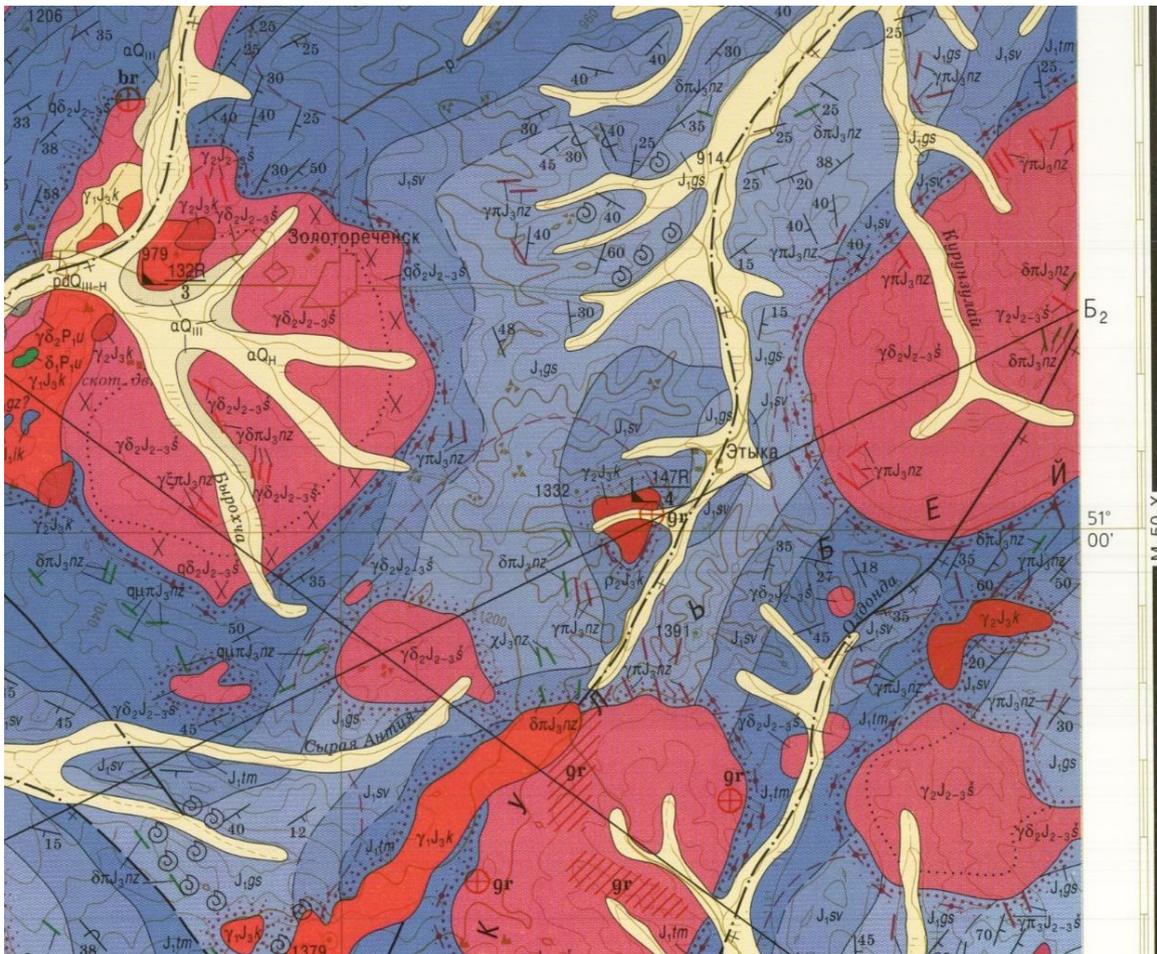


Рисунок 4. Фрагмент листа М-50-IX 1:200 000 Приаргунская серия.



Рисунок 5. Участок разреза с Этыкинским массивом по линии (А1-А2) Б2 листа М-50-IX 1:200
000

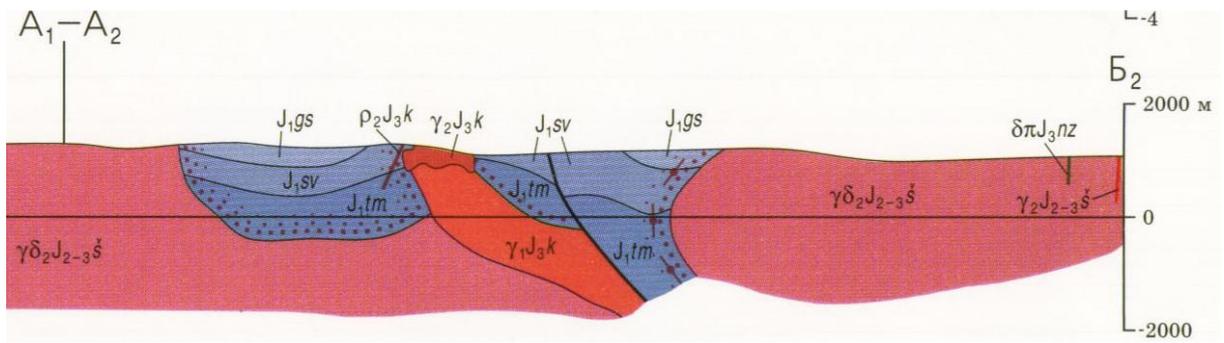


Рисунок 6. Участок разреза с Этыкинским массивом по линии (А1-А2) Б2 листа М-50-IX 1:200
000

Глава 3. Геолого-петрографическая характеристика Этыкинского рудного поля

3.1. Геологическая изученность объекта

В 1927г. С. А. Призант в ходе региональной съёмки обнаружил на г. Этыка свалы кварцевых жил с касситеритом. Это положило начало геологическому изучению Этыкинского рудного поля.

С 1929 по 1932г. В.А. Ассовская занималась исследованием одноименного рудного поля. Результатом её работы стала карта масштаба 1:25000, также она разведала оловянное оруденение на г.Этыка, обнаруженное С.А. Призантом, впервые установила и предварительно разведала вольфрамовое оруденение на г. Гепка (Яур-Гепкинское месторождение). В.А. Ассовская определила вышеперечисленные проявления олова и вольфрама бесперспективными в промышленном плане, основываясь на отрицательных результатах и предварительной разведки, проведенной в малом объёме.

В 1938-39г. возобновляется разведка Этыкинского рудопоявления. Работы проводились геолого-разведочной партией треста «Востоксиблоро» под руководством О.М. Григорьевой, позднее И.В. Корнюшина.



Рисунок 7. Остатки Этыкинской обогатительной фабрики, затопленное хвотсохранилище. Фото Баданиной Е.В., 2021г.

Продолжена была также разведки и Яур-Гепкинского вольфрамового рудопроявления, однако и на этот раз работ было проведено недостаточно, для оценки перспективности этого участка.

На Этыкинском рудопроявлении олова уже в первый год работ были обнаружены промышленные россыпи касситерита в аллювии долин р. Талангуя, р. Верхней и Средней Этыки. Установлено было также промышленное содержание касситерита в кварцевых жилах г. Этыка. С этого момента начинается эксплуатация оловянного месторождения «Старая Этыка» продолжавшееся 20 лет. К 1958г. месторождение в значительной степени было отработано и рудник закрыли. В это время исследованием месторождения занимались в разное время Белохвостов А.П., Корнюшин И.В., Белоголовкин В.А., Сергеев И.А. и др. В ходе разработки месторождения были расширены его масштабы, выяснено поведение оруденения на флангах и с глубиной, оконтурены и отработаны россыпи Талангуя, Верхней и Средней Этыки.

В 1939г. Левицкий О.Д. изучал морфологию и генезис касситеритовых жил.

В 1949г. группа сотрудников Московского геолог-разведочного института под руководством И.Ф. Григорьева детально изучали вещественный состав оловорудных жил.

В 1951-1952г. на площади Этыкинского рудного поля проводила исследования Этыкинская партия Забайкальской экспедиции МГРИ под руководством Аристова В.В. Целью этих работ было выяснение геологического строения рудного поля и отдельных участков Этыкинского месторождения. В результате работ был собран обширный материал по структуре, морфологии и вещественному составу рудоносных жил. Кроме того, были составлены: геологическая карта 1:5000 Этыкинского рудного поля и Ачиканского массива амазонитовых гранитов в 12 км к востоку от Этыкинского месторождения.

С 1958 года началось изучение амазонитовых гранитов Этыки и Ачикана как источника редких металлов. Прилегающая к ним площадь была покрыта геологической съёмкой масштаба 1:10 000 и охвачена геофизическими исследованиями. Было выявлено и оценено несколько рудопроявлений вольфрама: Сундалинское, Яур-Гепкинское, разведаны редкометальные россыпи по падам Верхняя Этыка и Амныкэн.

Перспективная промышленная ценность Этыкинского месторождения, как танталового объекта, установлена в 1959 году совместными работами геологов Центральной экспедиции ЧГУ и ИМГРЭ. Разведка месторождения проведена за период с 1960 по 1964 г., а окончательный подсчёт запасов утверждён в ГКЗ СССР в 1969г. В результате были подсчитаны запасы тантала, ниобия, и олово в коренных танталовых рудах. Кроме того определены запасы Ta₂O₅ в делювиально-элювиальных отложениях, запасы полезных компонентов в танталит-колумбит-касситеритовой россыпи в пади Верхняя Этыка, а также

грейзенах восточного экзоконтакта Этыкинского гранитного массива. Разработана и апробирована в ГКЗ СССР методика разведки месторождения. Для части месторождения, выходящей на поверхность, она включала магистральные канава (через 200м) и вертикальные скважины колонкового бурения по сети 100*50 (категория В) и 100*100(категория С₁), Разработана технология обогащения руд, изучены гидрогеологические условия месторождения, вопросы водоснабжения будущего предприятия, рассчитаны кондиции на руды Этыкинского месторождения.

Первая полупромышленная опытная переработка руд (310т) по схемам гравитационного обогащения, разработанным ИРИИРЕДМЕТом проведена в 1962-63г. на Шерловогорской обогатительной фабрике. Кроме того вопросами переработки руд и хвостов занимались Новосибирский завод № 2 Редмет (Вулих А.И., 1961г.), ГНИИКерамика при ВДНХ(Тараева Т.И., 1961г) , ВИМС (Кострикин В.М. 1962-64 г.)

С 1961 года для изучения месторождения и его окрестностей, а также поисков новых массивов танталоносных гранитов начали применяться геофизические исследования. В 1961 году в районе исследований, к северу от пади Дорожная М.Е. Ершовым и другими выполнялись геофизические опытно-методические работ методом индукции с целью разработки методики геокартирования осадочных пород. Установлено, что при прослеживании отдельных пачек олон-борзинской свиты метод даёт положительные результаты.

В пределах Этыкинского массива амазонитовых гранитов и неширокой полосы вмещающих пород юры геофизические исследования в 1960-1962 году проводила Этыкинская партия экспедиции №2. Ставились различные модификации электроразведки, магнитометрия и радиометрия. Хорошие результаты получены по материалам ВЭЗ. На северо-западе и западе покрытой ВЭЗами площади выявлены высокоомные области, которые авторы (Шувалов, Шемпелев) связывают с гранитами, залегающими на глубине 100-200м. Сделано заключение, что Этыкинский массив имеет продолжение на северо-запад.

В 1963 году на площади между Олдондински и Этыкинским массивами Артемьевым Ю.И. и др. (Центральная геохимическая экспедиция Геолого-геофизического треста) проведены ВЭЗы с АВ до I км. Анализ кривых ВЭЗ показал, что граниты Одондинского и Курунзулавского массивов по величине ρ_k мало отличаются от ороговикоманных разновидностей вмещающих песчано-сланцевых пород.

В 1960-63г. различные работы по изучению рудоконтролирующих структур района и плотностных свойств проводились работниками ЦНИРГИ(Меньшиков, Кирилов, Гриценко).

В результате интерпретации всего комплекса геофизических данных выявлено несколько аномалий «гранитного» типа. При проверке одной из них (Трофимовской) буровыми

скважинами на глубине 60-160м вскрыты амазонитовые граниты с бедной редкометальной минерализацией.

Последние геофизические исследования в районе работ выполнялись Этыкинской партией ЗГЭ. В результате полу- и четверть –миллигальной съёмки вертикального электрического зондирования и последующих буровых работ была установлена форма западной скрытой части Этыкинского массива, определено наличие в апикальной части её части залежи амазонитовых гранитов с повышенным содержанием окиси тантала. По комплексу признаков выделены площади, перспективные для выявления промышленных танталовых руд. По западному флангу Этыкинского месторождения подсчитаны прогнозные запасы. (Бородина и др, 1981)

С 1985 начинается строительство Этыкинского горно-обогатительного комбината для эксплуатации Этыкинского редкометального месторождения открытым способом. Проектная производительность ГОКа свыше 1 млн т руды в год.

В 1986 г. горный участок Алтагачанского рудоуправления начинает работы по вскрыше карьера и производству гравитационного тантал-ниобиевого концентрата, а также по добыче руды и её отгрузке на опытную обогатительную фабрику ЗабГОКа в пос. Первомайский, ведутся работы по отработке технологии добычи блоков высоко декоративного амазонитового гранита для камнерезного производства.

Геологоразведочная партия (ГРП) АРУ вела детальную доразведку Этыкинского месторождения.

В строительстве нового ГОКа и в добыче тантала, ниобия, лития и олова из месторождения были крайне заинтересованы военно-промышленный комплекс СССР и собственно Министерство среднего машиностроения и, поэтому, рудоуправление ускоренно оснащалось мощной карьерной техникой. Рудоуправление выполняло все земляные работы на промплощадке и вертикальную планировку под будущую обогатительную фабрику, которая должна была перерабатывать 5 млн тонн руды в год.

Но с 1989 года финансирование строительства начало значительно сокращаться, трест был ликвидирован, и стройка уже велась только силами ПМК, укрупнённой остатками подразделения треста, и горного участка, так называемым хоз-способом. В 1991 году, темпы и объёмы строительства критически резко сократились и на основании решения уже Правительства РФ в 1992 году было окончательно прекращено финансирование строительства, рудоуправление в 1994 году реорганизовано в участок карьера ЗабГОКа. ОРС и его объекты были приватизированы.

После этого, Министерство и Забайкальский ГОК уже на собственные и заёмные деньги построили в 2002 году опытную гравитационную фабрику для переработки 100 тыс. тонн руды в год, а для переработки гравитационных концентратов этой фабрики ГОК построил в п. Первомайский и запустил в этом же году в работу первое и единственное в России гидрометаллургическое производство, его мощности позволяли получать ежегодно до 40 тонн тантала и 60 тонн ниобия. Впоследствии эти фабрика и гидрометаллургический цех попали под действие федеральной программы «Либтон» и действовали до закрытия этой программы в 2004 году и прекращения отработки карьера. (Адосик и др,2001)

На 2012 год по запасам тантала Этыкинское месторождение являлось одним из крупнейших в России. Промышленные запасы кат. А+В+С1+С2 составляли 3,2 % учтенных Госбалансом. Главные концентраты тантала в рудах – танталит-колумбит и пироксломикролит, с которыми соответственно связано 14,8 % и 62,8 % тантала. Среднее содержание Ta_2O_5 невысокое – 0,013%. (<http://encycl.chita.ru>)

3.2. Строение Этыкинского рудного поля

Этыкинский массив амазонит-альбитовых танталоносных апогранитов имеет площадь около 1 км², прорывает толщи песчаников, аргиллитов и алевролитов нижнее-среднеюрского возраста. Массив имеет изометрическую форму, восточный, западный и южный контакты его с вмещающими породами крутые, северный же полого погружается под толщу осадочных пород. В восточном экзоконтакте вмещающие породы интенсивно изменены и превращены в топаз-кварц-слюдяные грейзены мощностью до 10-15 м. Обнажающиеся в эрозионном срезе породы имеют чёткую горизонтальную зональность: к контактам массива (в основном на востоке его) тяготеют остатки пород апикальной части, представленные мелкозернистыми амазонит-альбитовыми апогранитами с лепидолитом, характеризующимися промышленными содержаниями тантала. Остальные две трети сложены средне-неравнозернистыми альбит-амазонитовыми породами с криофиллитом, отличающимися бедной тантал-ниобиевой минерализацией. Характерной особенностью массива является развитие вдоль его восточного контакта с вмещающими породами кварц-микрклиновой (амазонитовой) оторочки.

Изучаемы объекты (Рис.8)

- 1.. Амазонитовые граниты Этыкинского массива - танталовое месторождение (колумбит-танталит, микролит).
2. Топаз-кварцевые жилы в ареале массива (веврном экзоконтакте) – касситеритовое месторождение (касситерит, вольфрамит) Старая Этыка (1 и 2 участки).
3. Экзогрейзены Этыкинского массива (вмещающие роговики, «Li-залежь») – Li-месторождение.
4. Штокверковая рудная зона с молибденитом и вольфрамитом – «Мо-шток» - Сундалинское Мо-месторождение.

Пород не подвергшимся процессам метасоматоза, которые можно было бы принять за материнские в пределах массива не наблюдается.

Можно выделить следующие типы амазонитовых гранитов, входящих в состав массива:

- 1) Среднезернистые альбитизированные граниты главной фации
- 2) Порофиробластовые амазонитовые интенсивное альбитизированные граниты главной фации
- 3) Мелкозернистые амазонитовые интенсивное альбитизированные граниты краевой фации
- 5) Пегматоидные жилы зоны эндоконтакта

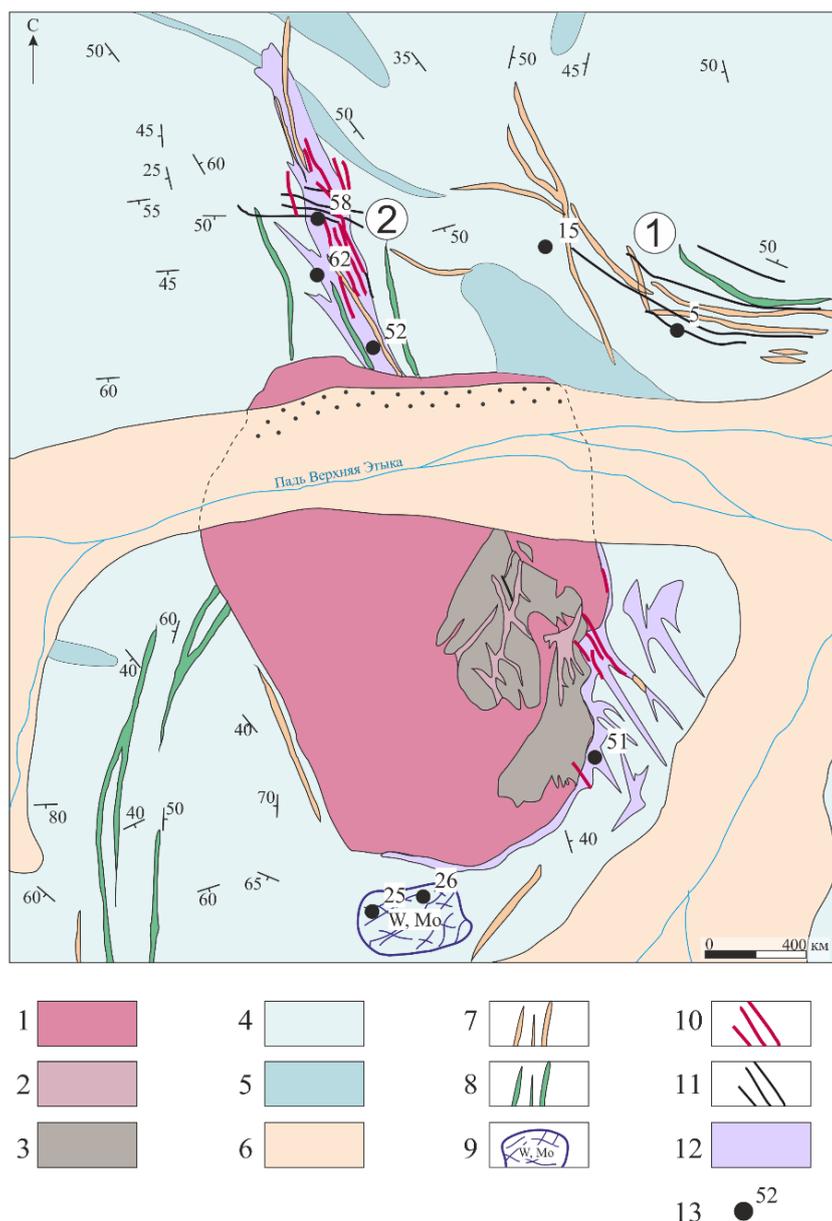


Рисунок 8. Схема строения Этыкинского рудного поля по (по Котляр и др., 1963) с дополнениями автора.

1-с/з амазонитовые граниты, неоднородно альбитизированные, 2- С/з амазонитовые граниты, однородно альбитизированные, 3- М/з неоднородно- альбитизированные амазонитовые граниты, 4-Песчаники онон-борзинской свиты (J_{1ob}), 5-Аргиллиты онон-борзинской свиты(J_{1ob}), 6- Аллювиальные отложения, 7- Дайки гранит-порфиров Шахтаминского комплекса (J₂₋₃), 8- Дайки диорит-порфиров Шахтаминского комплекса (J₂₋₃), 9- Молибденовый штокверк (Сундалинское м-е), 10- Кварц-амазонитовые жилы, 11- Кварц-топазовые жилы, 12-Li-залежь, 13- точки отбора образцов

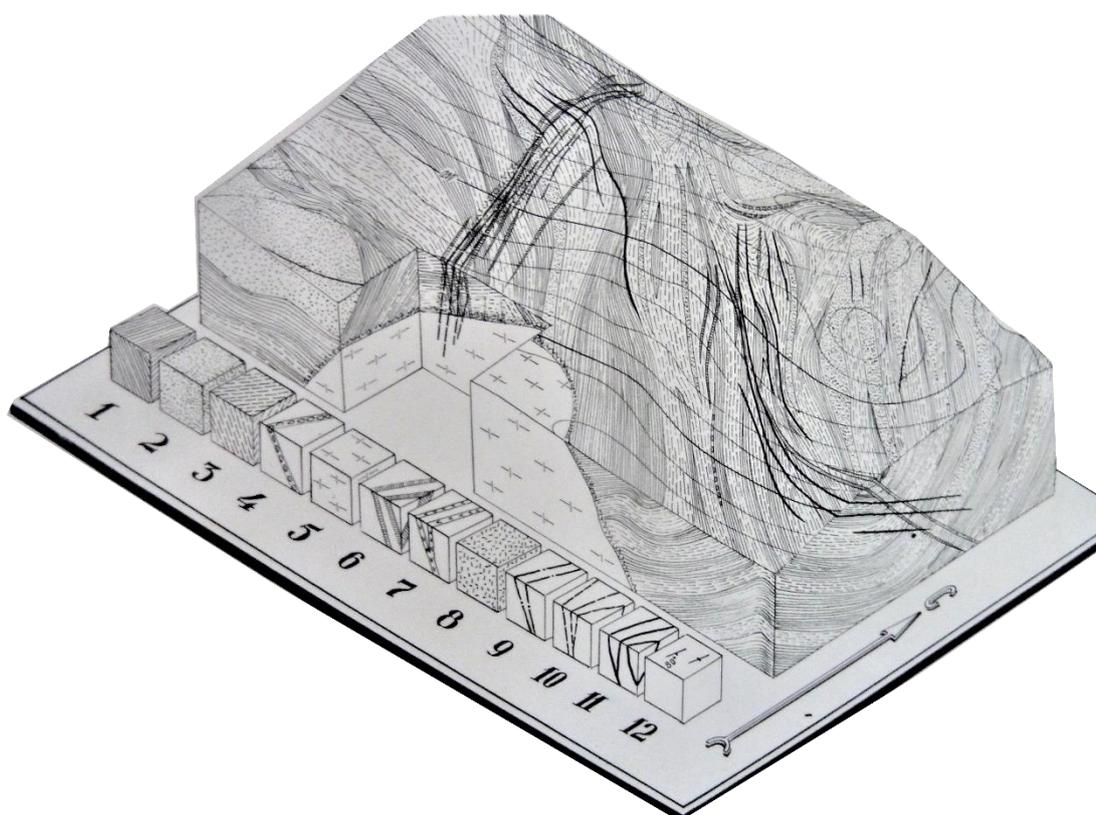


Рис 9. Блок-диаграмма Этыкинского месторождения. (Котляр и др, 1963г)

1- аргиллиты, 2- песчаники, 3- алевролиты, 4- гравелиты, 5- амазонитовые граниты, 6- дайки кислых пород, 7- дайки кислых пород, 8-грейзены, 9-разрывные нарушения, 10-кварц-амазонитовые жилы, 11-кварц-топазовые жилы, 12-элементы залегания пород.

3.3. Петрографическая характеристика пород массива

3.3.1. Граниты.

Имеется единственная глубинная скважина на Этыкинском массиве, по которой можно судить о том, что глубокие горизонты представлены протолитионитовыми гранитами, характерными для глубоких гранитов подобных массивов (Беус,). На поверхности доказательством присутствия протолитионитовых гранитов является наличие дайки такого типа гранитов в районе Ачиканского массива, аналога Этыкинского массива. Неизменённые граниты, которые можно рассматривать, как исходные не вскрыты скважинами и в карьере (Коваль, 1975). Комплекс амазонит-альбитовых гранитов, слагающих массив очень разнообразен. П.В. Коваль (1975) выделяет следующие типы гранитов (по скважине, 550 м): среднезернистые альбитизированные граниты главной фазы (нижняя зона разреза) - порфиробластовые амазонитовые альбитизированные граниты главной фации (верхняя часть разреза) – мелкозернистые амазонитовые интенсивно альбитизированные граниты краевой фации.

Среднезернистые альбитизированные граниты главной фации слагают низы разреза (рис... Коваль). Цвет породы- светло серый с голубым оттенком. Структура гарнобластовая. Текстура массивная. На поверхности не обнажаются. Данные анализов скважин предоставлены научным руководителем.

Минеральный состав: альбит (40-50%), кварц (до 30%), калишпат (25-30%), часто окрашен в голубые тона, железистая литиевая слюда (4-5%).

Плагиоклаз- мелко таблитчатый и лейстовидный альбит. В крупных зёрнах калишпат-пертита встречаются вроски заметно серицитизированного олигоклаза.

Преобладающая разновидность **калишпата**- полупрозрачный решетчатый микроклин с голубоватым оттенком. В значительных количествах встречается грубопертитовый калишпат, микроклиновая решетка в котором проявлена слабее. Размеры зёрен- до нескольких мм. Интенсивность голубоватой окраски породы связана с количеством решетчатого микроклина.

Кварц представлен ксеноморфными выделениями с волнистым погасанием. Размер зёрен до 5 мм.

Состав **слюды** меняется от протолитионита в (в самом низу разреза) до цинвальдита. В протолитионите часто встречаются реликты литиевого биотита, более тёмные относительно основной массы слюд.

В массе альбитизированного гранита встречаются маломощные зонки альбититов, кварц-калишпатовые и топазово-кварцевые прожилки. Снизу-вверх по разрезу зоны растёт содержания альбита в породе, увеличивается относительное количество решетчатого микроклина и интенсивность его окраски, протолитионит сменяется цинвальдитом, появляется топаз.

Порфиробластовые амазонитовые интенсивно альбитизированные граниты главной фации слагают основной объём массива на верхних горизонтах. В их содержании более 50% альбита, от 15 до 25% кварца и калишпата. От 0.5 до 4% литиевой слюды, до 1% топаза. Структура пойкилобластовая. В зонах трещиноватости интенсивно альбитизированные граниты имеют такситовую текстуру, вследствие присутствия порфиробластов кварца и микроклина.

Снизу-вверх по разрезу наблюдается дальнейшее увеличение содержания альбита в породе, усиление интенсивности амазонитовой окраски калишпата, некоторое увеличение содержания лития в слюде. По составу слюды отвечают цинвальдиту или железистому лепидолиту. Приближаясь в верхах разреза к лепидолиту. При этом общее содержание слюды в породе снижается до 1% и менее, содержание топаза возрастает. Важно отметить, что характер акцессорной минерализации также меняется: ведущим акцессорным минералом вместо колумбита становится пироклор-микролит.

Мелкозернистые амазонитовые интенсивно альбитизированные граниты краевой фации-светлые бледно-зелёные, реже сероватые равномерно-зернистые породы, в типичных образцах состоящие на 60% и более из лейстовидного альбита. Содержание кварца и амазонита в них достигает 20%(каждого). Количество топаза и лепидолита обычно не превышает 1%. Микроклин и кварц представлены главным образом мелким «резорбированным» альбитом зернами, порфиробласты тип «снежного кома» редки. Для лепидолита характерны мелкие чешуйки, однако встречаются и крупные зёрна. Структура нематогранобластовая с заметным содержанием порфиробластов кварца, микроклина и лепидолита.

Наиболее распространёнными разновидностями являются ярко белозелёные среднезернистые амазонитовые граниты с цинвальдитом, мелкозернистые амазонитовые альбитизированные граниты, альбититы и кварц-амазонитовые пегматоидные жилы. Снизу вверх по разрезу увеличивается содержание альбита, усиливается интенсивность амазонитовой окраски КПШ, состав слюд меняется от цинвальдитов к криофиллитам, приближаясь в верхних частях разреза к лепидолитам. Вкрапленники кварца имеют нередко зональное строение благодаря частому чередованию концентрически расположенных тонких полос светло-дымчатого кварца с ещё более тонкими полосами имеющими почти белую

окраску (Левицкий и др., 1963). Особенностью кварца является присутствие структур «снежного кома» - концентрическое скопление табличек альбита внутри порфирированного выделения кварца (рис.). При переходе от внутренних зон к внешней длина табличек возрастает от 0,1 до 0,5 мм. По мнению Левицкого это не замещение кварца альбитом, так как они ориентированы по кристаллографическим зонам кварца, обрисовывают контуры столбчатых кристаллов кварца, хотя кварц в гнейсе присутствует в виде округлых зёрен. Следовательно таблички альбита оседают на гранях растущего кристалла кварца. Причём кварц растёт с непостоянной скоростью. Кварцевые включения формируются в среде, которая уже содержит таблички альбита. Определённая часть кристаллов альбита «плавала» в каплях силикатного расплава, из которого затем образовались зёрна кварца (Левицкий и др., 1963). В микроклине тоже встречаются скопления частично корродированных включений альбита. В каплях силикатного расплава, из которого кристаллизовался микроклин уже существовал альбит. Альбит возник на одном из наиболее ранних этапов магматогенной стадии формирования амазонитовых гранитов (Левицкий и др., 1963). Скорее всего, альбит кристаллизуется одновременно или чуть раньше микроклина, кварц кристаллизуется позже обоих. На поздней пневмато-магматогенной стадии кристаллизуется циннвальдит и близко с ним топаз. Топаз образует «заливы» вклинивающиеся в кварц. По мнению Левицкого, в отличие от обычных грейзенизированных гранитов топаз образуется не метасоматическим путём, а непосредственно отложением из рассеянных в массе гранита мельчайших «капелек» остаточных магматических растворов. Об этом свидетельствуют явления цементации альбита топазом, присутствие в топазе незатронутых замещением кристалликов альбита отсутствие следов «разъедания» топазом ранее выделившихся минералов.

Акцессорными минералами являются: касситерит, вольфрамит, колумбит-танталит, галенит, арсенопирит, пирит, циркон, топаз, флюорит, монацит, редко сфен. Ведущим рудным минералом является колумбит-танталит. В апикальной альбитизированной части массива главной особенностью является преобладание микроклина над минералами группы колумбита-танталита.



Порфиробластовые
amazonитовые граниты



Структура «снежного кома» в кварце
порфиробластовых гранитов



Мелкозернистые amazonитовые граниты краевой фации



Пегматоидные amazonитовые жилы

Рис.10 Разновидности amazonитовых гранитов Этыкинского массива.

3.3.2. Грейзенизированные роговики.

На северном и северо-восточном флангах Этыкинского массива вмещающие осадочные породы превращены в топаз-слюдяные роговики. Обычные чёрные углистые сланцы или тонкозеристые тёмно-серые песчаники сменяются светлыми топазово-полевошпатовыми породами. Вблизи гранита наблюдается замещение глинистого вещества и мелких обломков полевого шпата тонкозернистым агрегатом мельчайших чешуек слюды, столь же мелкими зёрнышками кварца и обильного КПШ (количественно превосходящего первых два минерала) с небольшим количеством турмалина, флюорита и топаза. Кроме перечисленных минералов изредка встречается альбит, циркон, монацит, галенит, рутил, фторапатит, ильменит, сфен, касситерит.

Наиболее характерным является широкое развитие топаза. Топаз встречается в виде относительно крупных (до 0,4 – 1,0 мм в поперечнике) зёрен на фоне мелкозернистой массы (рис.). Порфиробласты топаза обладают правильными кристаллографическими очертаниями

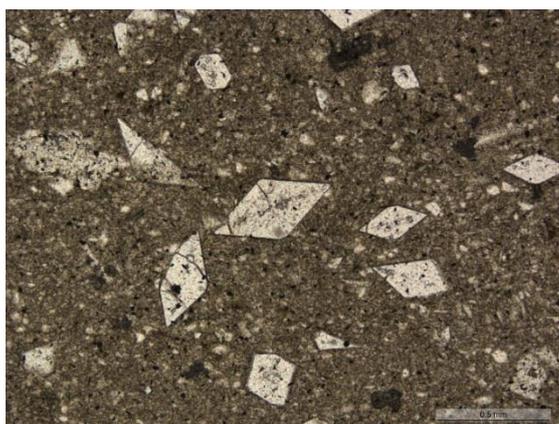


Рис. 11 Грейзенизированные роговики – породы «Li-залежи». 1. Общий вид. 2. Вид в шлифах (П и X николи, ув. 5X20). Ромбовидные кристаллы позднего топаза на фоне тонкозернистой кварц-альбит—топаз-слюдяной массы.

Здесь обнаружены необычные округлые стяжения – более крупные выделения слюды, топаза и необычных фторидов Mg, Ca, Na – силлаита (?) (рис. 12).

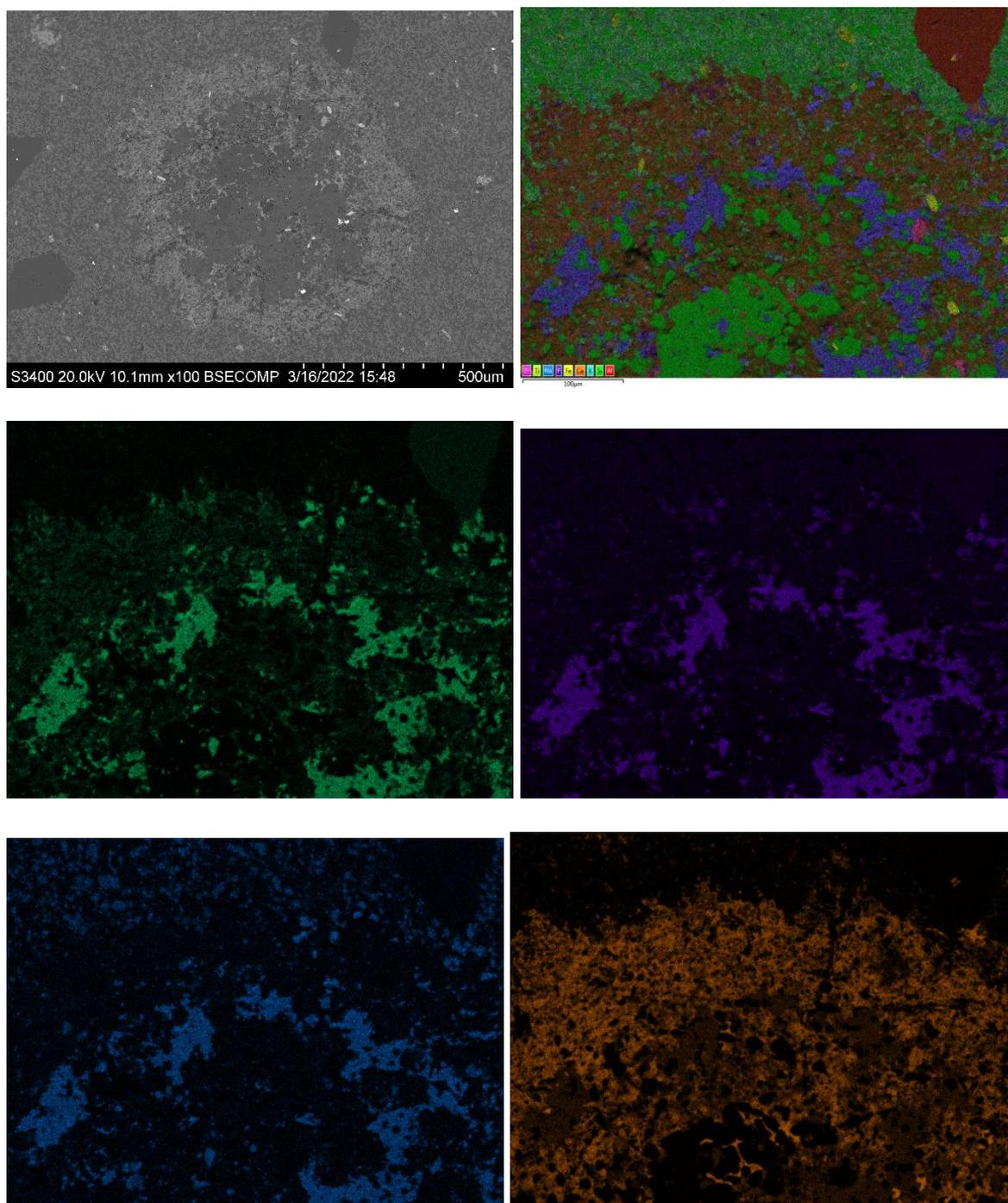
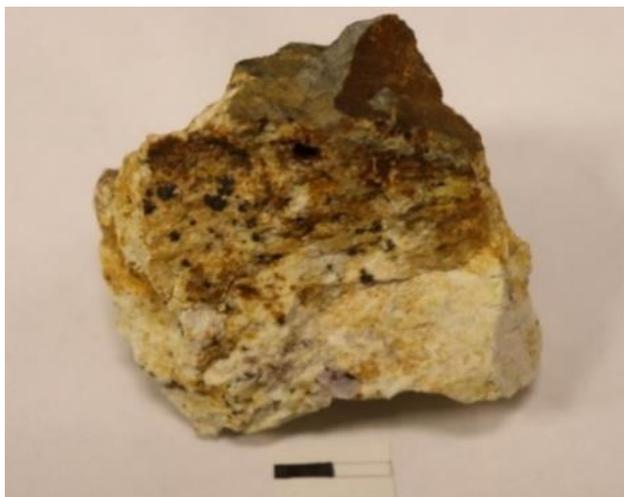


Рис. 12 Необычные округлый стяжения с фторидами в Li-роговиках. Изображение в обратно-рассеянных электронах и поэлементное картирование. Состав фторида F (58 масс.%), MgO (15 масс.%), Na₂O (13 масс.%) , CaO (9 масс.%), Al₂O₃ (5 масс.%)..

3.3.3. Топаз-кварцевые и амазонитовые жилы участков Старой Этыки.

Непосредственно к северному флангу массива примыкает поле герйенизированных пород с топазово-кварцевыми и кварц-амазонитовыми жилами (месторождение касситерита Старая Этыка, первый и второй рудные участки). На втором – Западном участке - участке на глубине около 140м также был вскрыт купол амазонитовых альбитизированных гранитов. Топазово-кварцевые жилы в герйенизированных породах экзоконтакта секутся кварцево-амазонитовыми. Те и другие несут касситеритовое оруденение. В строении экзоконтакта Левицким О.Д. выделяются следующие зоны: 1) кварцево-топазового или топазово-циннвальдитового герйезена, зона примыкает к массиву амазонитовых альбитизированных гранитов, обычная мощность 2-3м; 2) топазово-полевошпатовых роговиков мощностью в среднем 3-4м. 3) кварцево-слюдистых сланцев с малым количеством топаза, флюорита и турмалина, мощность зоны 5-8м.

На участке I разведаны четыре протяжённые жилы. Преобладающими минералами являются топаз и кварц. Топаз представлен тостотабличками кристаллами. Буровато-серый топаз-циннвальдитовый мелкозернистый агрегат – третий компонент жил (Бескин и др., 1994). Формировались, как показано Левицким на примере первого рудного участка Старой Этыки в три стадии. Первая стадия характеризовалась выделением большого количества топаза, кварца и циннвальдита, а также флюорита, монацита, касситерита и редкого вольфрамита. Во вторую увеличивается количество сульфидов – арсенопирита, пирита, сфалерита, халькопирита, галенита. Третья стадия отличается появлением полевых шпатов – альбита и КПШ и карбонатов - кальцита, сидерита.



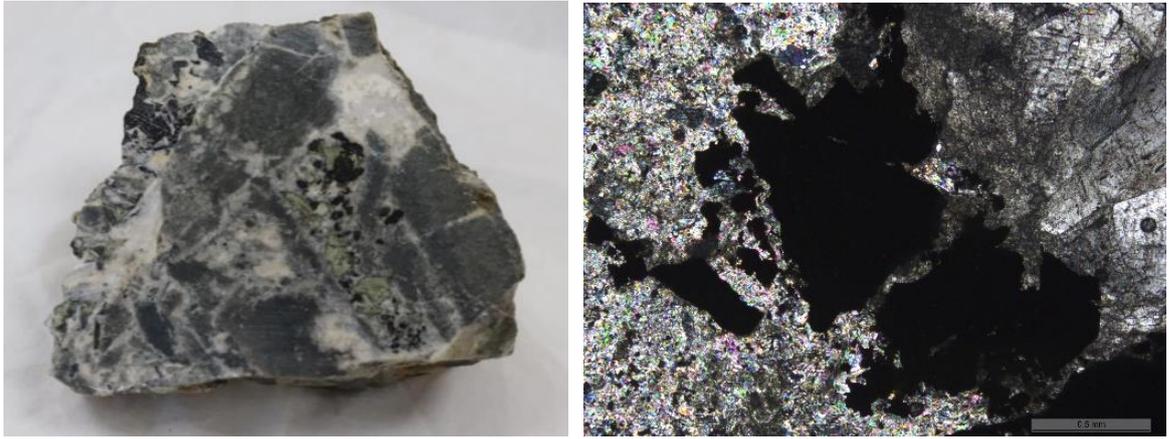


Рис. 13 Топаз-кварцевые жилы и брекчии Первого участка. Ранний кварц-топазовый парагенезис с касситеритом цементируется поздним кальцитом со сфалеритом (шлиф, ув. 5X20)..

Амазонит-кварцевые жилы с флюоритом обнаружены на втором рудном участке.. По составу, структуре и составу минералов – топаз, циннвальдит, монацит, касситерит, рутил, циркон с 11% HfO₂) кварц-амазонитовые жилы очень близки пегматитам. В то же время в них встречаются сульфиды – галенит, сфалерит, пирит, арсенопирит.

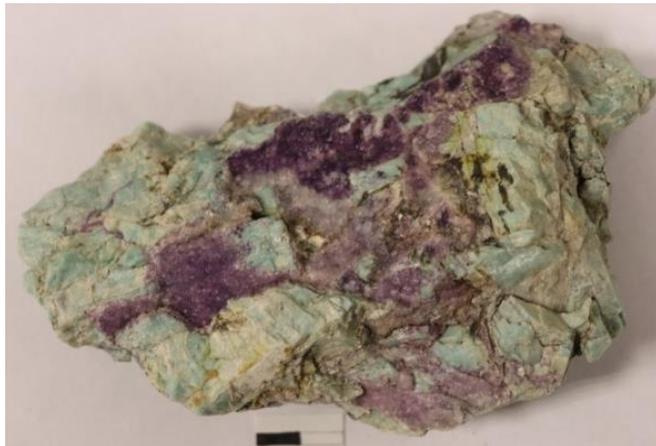


Рис. 14 Кварц-амазонитовая жила с флюоритом.

3.3.4. Породы Mo-W- штокверка.

Штокверковое Сундалинское месторождение находится в южном контакте Этыкинского массива амазонитовых гранитов. Месторождение представлено флюорит-кварцевыми прожилками во вмещающих метатерригенных породах (рис.). Прожилки сопровождаются грейзенизацией вмещающих пород. Состав вмещающих пород: флюорит, кварц, циннвальдит, микроклин. Нами обнаружены: Fe-вольфрамит (ферберит), Nb-рутил, Fe-колумбит, циркон, ильменит, монацит, апатит, самородный висмут, углистое вещество.



Рис. 15 Кварцевые прожилки с вольфрамитом в сланцах и песчаниках.

Глава 4. Закономерности распределения петрогенных и рассеянных элементов в породах Этыкинского рудного поля

По петрохимическому составу (табл. 1) все разновидности гранитов Этыкинского массива относятся к субщелочным гранитам-лейкогранитам. По редкоэлементному составу, все граниты характеризуются Li-F специализацией. Максимальным содержанием фтора и редких элементов – Li, Rb, Cs, Be, Ta, Nb, Sn, W характеризуются альбитизированные амзонитовые граниты апикали массива. Для амзонитовых гранитов характерен птицеобразный спектр распределения РЗЭ, нормированных на содержание в хондрите с выраженной Eu-аномалией и тетрад-эффектами (рис. 17).

В гранитах вблизи контактов с вмещающими породами увеличивается количество калия и фтора при заметном уменьшении натрия и алюминия. Как видно из рисунка 16, наблюдается падения содержаний лития в верхних зонах разреза пород. При этом содержание лития в слюдах по разрезу гранитов растёт.

В табл. 2 приведены данные по составу пород в экзоконтакте Этыкинского массива – пород «Li-залежи», вмещающих жильные образования пород первого и второго участков северного и северо-западного участков Старой Этыки, пород Мо-штокверка на юге массива. Для изучения поведения главных и редких химических элементов для 10 проб вмещающих пород из разных зон надкупольной зоны массива был выполнен анализ петрогенных и рассеянных элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS, лаборатория ВСЕГЕИ). Результаты анализа приведены в таблице 2.

Как видно из табл. 2, для грейзенизированных роговиков характерны высокие содержания Al_2O_3 – до 23,5 масс.% и низкие SiO_2 – до 51 масс %. Анализ редких элементов в породах «Li-залежи» показал широкие вариации в них лития - от 1180 до 5930 г/т, высокие содержания рубидия - от 1720 до 2870 г/т и цезия - от 143 до 395 г/т. Наряду с редкими литофильными элементами, в них отмечается повышенное содержание V, Ni, Cr, Co, что вероятно свидетельствует об участии основных пород в генезисе роговиков. (Табл.3)

Необычным оказался характер распределения РЗЭ в породах грейзенизированных роговиков первого и второго участков и экзогрейзенов «Li залежи». Они дали набор почти единичных, нормированных на содержание в хондрите спектров распределения РЗЭ (рис. 18), с резким преобладанием лёгких РЗЭ над тяжёлыми и очень небольшой отрицательной европиевой аномалией.

Эти данные характеризуют очень необычный процесс контактового метаморфизма – образование ореола изменённых вокруг амазонитового гранита изменённых пород, заметно отличающийся от обычных процессов грейзенизации на контакте редкометальных гранитов (Левицкий, 1963).

Таблица 1 .Петрохимический состав амазонитовых гранитов Этыкинского массива по скважинам. Содержания масс% (метод мокрой химии)

	Скважина 67								Скважина 408								
	Э-2250	Э-1141	Э-1144	Э-1146	Э-1150	Э-1152	n=6		Э-664	Э-674	Э-689	Э-704	Э-745	Э-750	Э-671	n=7	
SiO2	70,77	71,56	71,72	68,58	72,6	73,62	71,48	1,72	71,99	71,11	72,02	72,47	71,66	70,45	72,01	71,67	0,68
TiO2	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Al2O3	16,22	15,7	15,59	16,8	14,94	14,56	15,47	0,92	15,68	15,99	16,28	15,31	15,9	16,01	15,92	15,87	0,3
Fe2O3	0,26	0,14	0,34	0,24	0,24	0,1	0,22	0,09	0,82	0,95	0,75	1,7	0,37	1,02	1,38	1	0,43
FeO	0,9	0,72	0,54	0,54	0,63	0,9	0,71	0,17									
MnO	0,03	0,05	0,04	0,11	0,06	0,07	0,06	0,03	0,05	0,04	0,04	0,09	0,04	0,04	0,04	0,05	0,02
MgO	0,04	0,1	0,25	0,2	0,1	0,1	0,13	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
CaO	0,22	0,29	0,86	0,29	0,29	0,29	0,37	0,24	0,45	0,41	0,16	0,73	0,43	0,35	0,37	0,41	0,17
Na2O	6,95	6,42	6,65	4,97	5,95	5,95	6,15	1	5,68	6,67	6,32	6,19	6,17	6,58	6,62	6,18	0,4
K2O	3,8	3,8	3,7	7	3,9	3,71	4,32	1,32	3,97	3,37	2,95	4,39	3,21	3,27	3,62	3,54	0,49
P2O5		0,06	0,07	0,05	0,07	0,06			0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		
ппп	0,1	0,57	0,43	0,59	0,44	0,32			0,54	0,5	0,28	0,44	0,84	0,82	0,5		
сумма	98,72	99,82	99,86	100,47	99,88	100,29											
H2O									0,12	0,16	0,04	0,42	0,06	0,04	0,12		

Таблица 2 Петрохимический и редкоэлементный состав амазонитовых гранитов и вмещающих пород Этыкинского массива (по данным мокрой химии* и ICP-MS**).

Типы пород	Протолитионитовые граниты глубоких горизонтов				Амазонит-альбитовые граниты с Li-слюдами								Породы Li-залежи (карьер)				Вмещающие породы 2-ой участок		Вмещающие породы 1-ый участок			Мо-шток
	Э-1684** (дайка прт гранит ов)	Э-1671**	Э-1684**	Э-1683** (дайка прт гранит ов)	Э-1683**	Э-493** (рудная зона)	Э-664*	Э-689*	Э-1146*	Э-1150*	Э-750*	Э-674**	Эт-37/21**	Эт-51-2с/21**	Эт-51-2г/21**	Эт-62/21**	Эт-52/21**	Эт-53/21**	Эт-8/21**	Эт-15/21**	2149/56**	
SiO ₂	65,3	72,3	65,3	76	76	71,3	71,9 9	72,0 2	68,5 8	72,6	70,4 5	71,1 1	68,7	69,3	73	60,5	61,3	64,6	64,5	63,8	51	72,6
TiO ₂	0,25	0,035	0,25	0,016	0,016	0,008	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,35	0,36	0,34	0,56	0,54	0,29	0,32	0,66	0,55	0,36
Al ₂ O ₃	15,4	15	15,4	13,3	13,3	16,6	15,6 8	16,2 8	16,8	14,9 4	16,0 1	15,9 9	15,9	15,8	15,1	17,5	18,5	15,2	16	17,8	23,5	14
Fe ₂ O ₃	8,06	1,33	8,06	1,03	1,03	0,57	0,82	0,75	0,24	0,24	1,02	0,95	2,88	2,88	2,85		4,66	2,56	1,93	5,07	2,66	3,35
FeO									0,54	0,63												
MnO	0,2	0,046	0,2	0,2	0,2	0,033	0,05	0,04	0,11	0,06	0,04	0,04	0,041	0,042	0,055		0,055	0,082	0,12	0,08	0,17	0,043
MgO	0,081	0,033	0,081	0,043	0,043	0,058	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,37	0,41	0,61	0,76	0,79	0,66	1,16	1,26	1,82	0,65
CaO	1,63	1,01	1,63	0,94	0,94	0,94	0,45	0,16	0,29	0,29	0,35	0,41	2,3	2,34	0,57	2,77	3,93	2,04	2,18	0,99	1,95	0,33
Na ₂ O	4,17	4,85	4,17	3,48	3,48	6,18	5,68	6,32	4,97	5,95	6,58	6,67	2,64	2,4	2,99	1,89	3,21	1,97	4,2	3,09	0,15	2,48
K ₂ O	4,69	4,85	4,69	4,79	4,79	4,1	3,97	2,95	7	3,9	3,27	3,37	2,41	2,52	2,78	3,07	3,32	2,87	3,24	4,37	7,63	3,31
P ₂ O ₅	0,05	0,061	0,05	0,058	0,058	0,044	0,01	0,01	0,05	0,07	0,01	0,01	0,033	0,035	0,03	0,16	0,23	0,025	0,07 6	0,098	0,025	0,11
ппп							0,54	0,28	0,59	0,44	0,82	0,5										
сумма	99,831		99,831	99,857	99,857		99,3	98,93	100,47	99,88	99,831	101,2	99,831	99,857	99,857	80,45	99,3	98,93	100,47	99,88	99,831	98,24

Таблица 3 Редкоэлементный состав амазонитовых гранитов и вмещающих пород Этыкинского массива (по данным ICP-MS).

Типы пород	Протолитионитовые граниты глубоких горизонтов				Амазонит-альбитовые граниты с Li- слодами									Породы Li-залежи (карьер)				Вмещающие породы, 2-ой участок		Вмещающие породы 1-ый участок 1-ый			Мощность	
	Э-1684(дай-ка прт-гранитов)	Э-1671	Ач-1968	Э-1684	Э-1683 (дай-ка прт-гранитов)	Э-1683	Э-493 (рудная зона)	Э-664	Э-689	Э-1146	Э-1150	Э-750	Э-674	Эт-37/2	Эт-51-2с/2	Эт-51-2г/2	Эт-62/2	Эт-52/2	Эт-53/2	Эт-8/21	Эт-15/2	2149/56		Эт-36/2
H2O							0,12	0,04																
Li	1330	1500		1276	168	189	567	593,66	387,8					2440	2560	1840	1180	1590	5930	2930	629	566	1390	
Be	6,42	8,3	5,64	5,77	47,6	45,66	6,24	6,24	4,6	7,53	8,34	5,2	5,77	12,1	12,4	17,1	226	604	21,2	55,8	65,1	1420	77,7	
F				11000		2000		650	1000															
B				1,43		2,23		0,31	2,31															
Sc				3		0,97		0,83	0,65															
As				61,11		53,64		46,27	46,07															
Au				0,42		0,33		3,48	3,36															
Ag				0,62		0,82		1	0,93															
Tl				7,84		3,95		8,47	6,43															
Bi				101,27		6,17		3,33	1,49					0,39	0,37	0,51	0,05	<0,1	1,06	0,27	0,29	1,83	0,25	
V	4,89	3,72		<0,02	3,17	<0,02	3,39	<0,02	<0,02					41,4	42,1	42,4	68,9	74,7	38,7	31	85,9	108	42,3	
Cr	7,8	7,64		5,7	8,99	4,07	6,78	4,8	5,24					248	109	190	53,1	137	56,1	182	231	44,2	118	
Co	1,54	0,65		1,19	0,86	0,47	0,55	0,69	1,58					7,18	6,33	8,25	7,88	2,55	4,35	3,89	8,06	9,6	2,94	
Ni	6,79	5,48		4,11	8,48	2,13	6,89	4,19	3,65					166	76,9	178	20	29,6	15,9	85	31,3	17,5	35,3	
Cu	10,5	4,75		7,65	6,56	2,44	5,99	7,94	7,85					8,34	7,55	11,1	7,79	3,98	6,26	13,7	84	15,8	69,7	
Zn	535	86,6	38,3	541,29	66,9	31,4	110	92,79	145,11	167	115	111	71,9	229	249	208	74,917,8	93,5	164	69,9	70,5	1460	76,1	
Ga	51,3	42	49,8	23,49	38,4	16,66	61,1	28,56	29,62	58,6	51,7	64,2	65,4	15,3	16,8	19		19	19,2	21,2	23,3	42,4	18,6	

Ge	2,78	2,36		2,59	3,1	1,17	3,63	2,54	3,08					1,2	1,17	1,76	1,06	1,4	2,38	1,58	2,34	2,08	1,52
Rb	2060	2240	1270	2397	934	932,0 7	1630	1955, 2	1275, 2	3550	219 0	1660	154 0	238 0	250 0	172 0	134 0	272 0	287 0	161 0	112 0	1190	128 0
Sr	15,9	11,2	6,19	14,33	12,2	9,89	20,9	37,15	16,74	3,21	2,41	19,9	52,7	224	247	128	521	780	244	420	224	104	111
Y	596	86,4	5,99	649,2 5	58,6	40,14	10,3	5,49	1,76	2,19	2,36	2,48	2,43	19,7	20,5	19,8	25,9	29,4	18,9	5,98	29,8	23,9	21,5
Zr	167	146	68,2	111,6 5	424	261,8 8	143	61,15	65,34	102	102	111	118	182	187	193	229	210	219	135	216	334	170
Nb	423	136	136	406,2 7	216	119,9 2	188	226,2	132,2	237	163	152	164	10,7	8,01	13,6	6,49	10,6	48,3	11,7	12,9	17,1	8
Mo	13,7	12,4		9,34	3,24	2,28	1,3	27,37	3,47					30,3	11,2	23,5	1,6	11,9	3,37	17,6	23,2	2,01	11,7
Sn	58,7	46,9	25,8	55,18	9,49	7,95	51,9	5,22	6,66	37,9	57,4	113	44,7	126	155	72,1	73,7	163	217	57,4	48,3	433	210
Sb	2,04	0,4		3,31	0,26	0,29	0,28	0,25	0,21														
Cs	285	79,6		246,5 3	58,2	48,85	20,8	18,45	14,13					150	157	143	182	395	142	91,8	166	115	126
Ba	37,6	48,9	21,2	32,89	42,2	35,94	32,2	54,97	39,62	22,8	35,5	31,9	41										
Hf	10,9	10,8	9,88	10,18	33	32,36	20,2	16,77	19,35	16,7	18,3	18,9	24,1	6,65	6,93	7,12	6,81	6,72	9,29	4,75	6,67	8,99	4,89
Ta	17,1	19,6	64,2	15,73	21,6	10,12	48,9	121,4 6	110,7 1	73,1	64	97,6	152	0,77	0,5	0,96	0,69	1,01	11,5	0,92	0,9	1,52	0,53
W	11,7	7,25	1,48	10,77	57,7	23,95	4,05	4,3	16,35	5,52	3	1,11	1,26	32	46,4	44,7	21	42,6	42,5	18,8	25,7	60,5	64,8
Pb	54,1	68,1	79,3	48,52	111	78,47	236	258,7 7	293,3 7	188	95,4	238	346	202	184	160	30,6	62,7	35,3	207	27,8	36	22,4
Th	111	55,3	22,2	143,5 6	69,1	109,3 8	27,5	32,84	18,31	21,5	29,3	20,2	17,6	21,8	24,5	18,1	12,6	13,3	31,6	10,7	15,8	12,3	8,81
U	18,4	7,94	13,7	18,11	20,6	31,43	47	20,48	26,61	24,4	11,9	27,6	28,4	3,02	3,1	3,87	3	3,3	2,28	3,45	3,45	2,84	2,15
La	98,7	30,3	5,42	102,7 5	21,6	25,6	4,14	1,86	5,98	1,54	5,31	1,17	1,37	23,4	24,4	25,2	30,1	31,2	19,8	16,7	37,1	32,3	23,3
Ce	252	84	16,1	239,5 6	60,1	57,69	15	8,95	14,05	5,94	18,4	6,26	6,72	49,3	51,1	51,7	63,2	64,4	41,6	33,1	77,1	66,4	48,6
Pr	36,5	11,1	1,83	38,86	7,57	8,9	1,95	1,53	1,22	0,83	2,2	0,89	0,98	5,78	5,98	5,98	7,44	7,6	5,02	3,62	8,85	7,59	5,72
Nd	185	46,6	5,18	176,3 9	29,8	30,84	6,78	3,48	2,66	2	5,7	2,22	2,54	21,7	22,6	21,9	26,8	29	18,3	14	33,5	28,4	21,6
Sm	59	13,9	1,48	65,19	11,2	9,96	2,19	1,53	1	0,8	1,52	0,93	1,01	4,25	4,65	4,4	5,63	5,94	3,88	2,5	6,89	5,32	4,46
Eu	0,11	0,049	0,01 3	0,1	0,044	0,03	0,014	0,02	0,01	0,011	0,00 7	<0,00 5	0,01 6	0,78	0,91	0,82	0,96	1,08	0,75	0,59	1,19	0,9	0,77

Gd	63,8	13,7	0,99	79,19	9,6	8,24	1,48	0,96	0,4	0,45	0,64	0,51	0,48	3,85	4,03	3,88	4,84	5,06	3,6	1,94	5,6	4,13	3,67
Tb	12,1	2,77	0,25	11,88	2,43	1,55	0,39	0,29	0,12	0,18	0,16	0,2	0,18	0,59	0,61	0,62	0,82	0,81	0,6	0,24	0,94	0,67	0,59
Dy	65,8	15,7	1,6	71,77	15,8	9,49	3,07	2,27	1,1	1,3	1,08	1,39	1,35	3,29	3,3	3,41	4,28	4,87	3,48	1,22	5,09	3,84	3,58
Ho	12,5	2,8	0,32	14,6	3,15	2,04	0,57	0,43	0,22	0,24	0,2	0,28	0,25	0,65	0,69	0,73	0,93	1,04	0,72	0,25	1,03	0,79	0,75
Er	31,7	7,8	1	33,57	9,65	5,67	2,01	1,43	0,73	0,87	0,7	0,96	0,99	2,09	2,03	2,17	2,65	2,9	2,18	0,63	3,21	2,56	2,11
Tm	3,82	0,98	0,21	4,64	1,58	1,06	0,41	0,38	0,23	0,23	0,17	0,27	0,27	0,31	0,33	0,31	0,43	0,44	0,38	0,08 9	0,48	0,41	0,33
Yb	23,9	6,2	1,81	24,9	12,7	7,76	3,59	2,89	1,87	2,25	1,66	2,44	2,45	2,19	2,31	2,18	2,99	3,03	3,28	0,64	3,25	3,1	2,34
Lu	2,99	0,86	0,26	3,68	1,67	1,29	0,54	0,48	0,26	0,3	0,25	0,33	0,35	0,36	0,34	0,35	0,45	0,44	0,47	0,09	0,49	0,47	0,37
Сумма РЗЭ	847,9	236,8	36,5	867,1	186,9	170,1	42,1	26,5	29,9	16,9	38,0	17,9	19,0	118, 5	123, 3	123, 7	130, 6	157, 8	104, 1	75,6	184, 7	156,9	118, 2
Rb/Sr	129,6	200,0	205, 2	167,3	76,6	94,2	78,0	52,6	76,2	1105, 9	908, 7	83,4	29,2	10,6	10,1	13,4	2,57	3,5	11,8	3,8	5,0	11,4	11,5

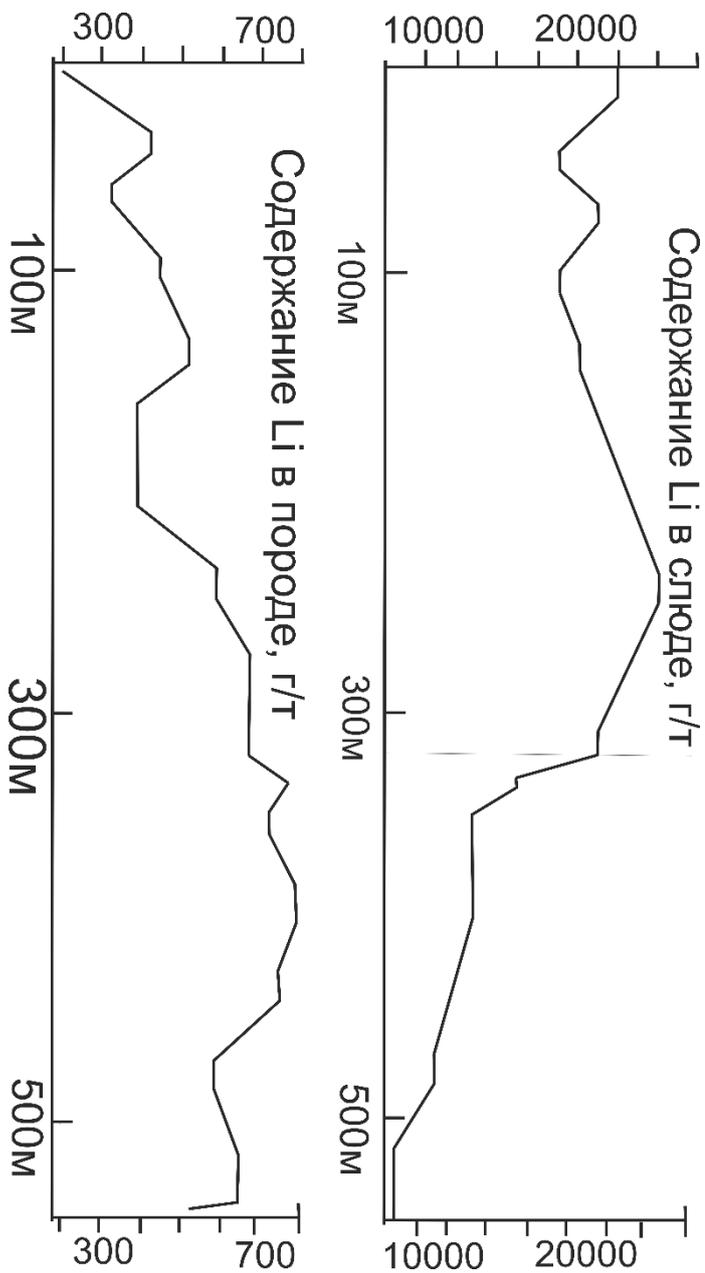


Рис.16 В гранитах от глубоких горизонтов (от 550 м) к апикали массива происходит падение содержаний лития от 200 до 700 г/т, при синхронном росте содержания лития в слюдах гранитов (от 1000 до 2200 г/т Li_2O).

Необычное «поведение» лития можно объяснить его «уходом» во вмещающие породы.

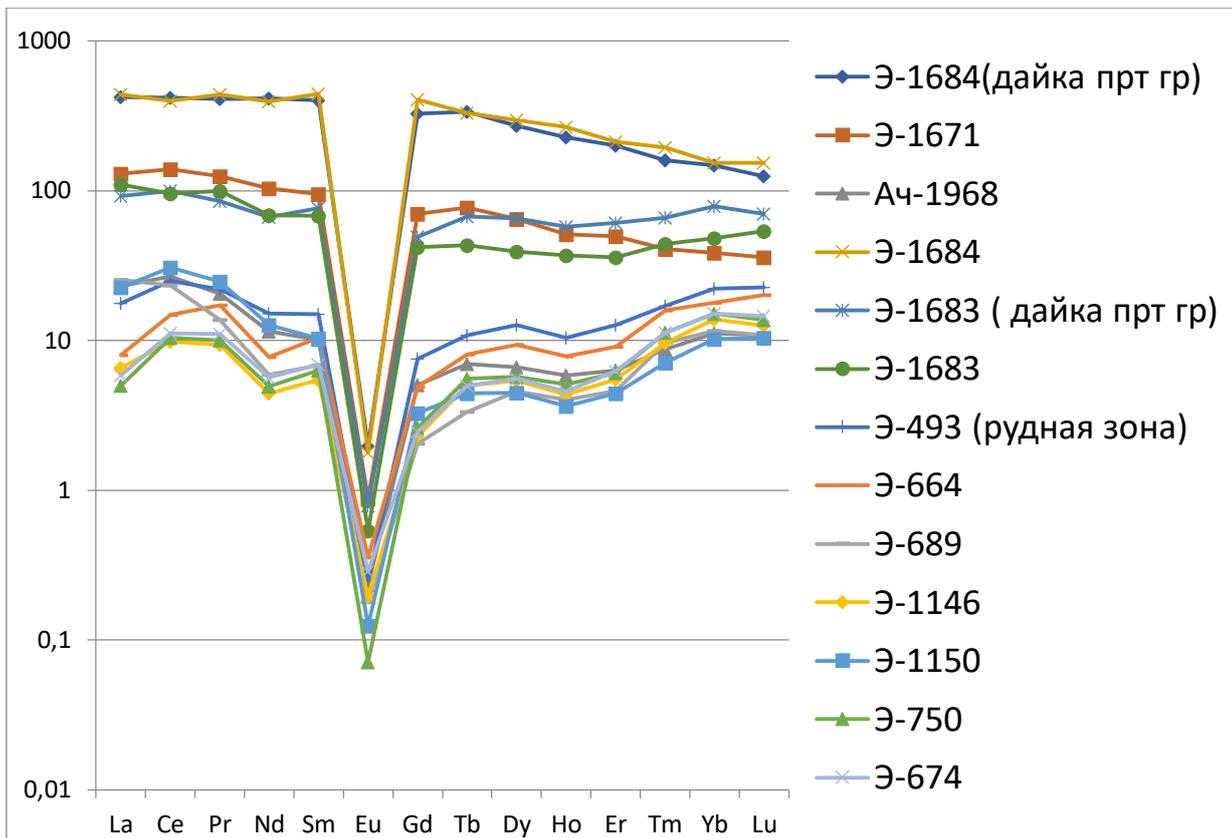


Рис. 17 Спектры распределения нормированных на хондрит (по Sun S.-s. and W.F.McDonough, 1989) содержаний РЗЭ в протолитионитовых, порфиробластовых амазонитовых и мелкозернистых амазонит-альбитовых гранитах Этыкинского массива

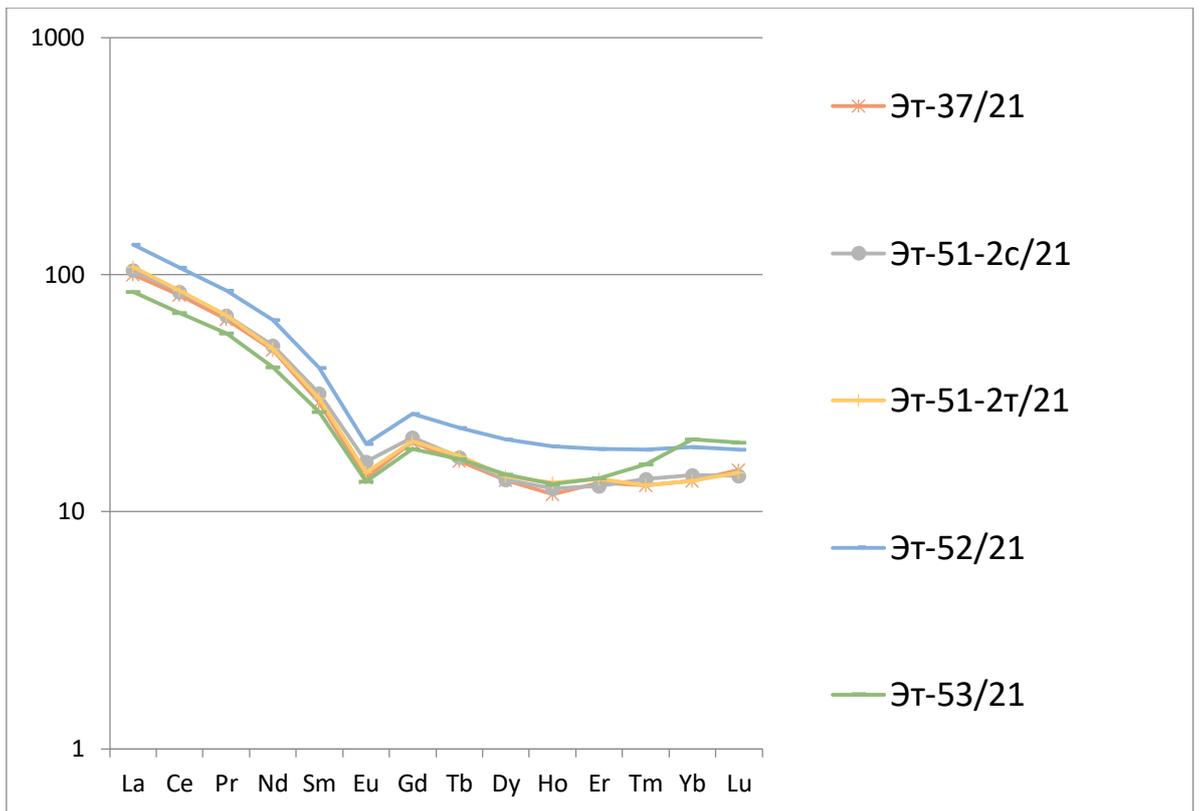


Рис. 18 Спектры распределения нормированных на хондрит (по Sun S.-s. and W.F.McDonough, 1989) содержаний РЗЭ во вмещающих породах массива амазонитовых гранитов.

Глава 5. Особенности минерального состава пород Этыкинского рудного поля

5.1. Химический состав слюд.

Данные по составу слюд получены методом микронзондового анализа и приведены в табл.4.

Расчёт формул слюд производится на 22 положительных заряда с учетом количества трехвалентного железа.(табл.4)

Классической схемой эволюции для литий-фтористых гранитов является последовательность биотит → протолитионит → циннвальдит → лепидолит. Она характерна для литионит-амазонит-альбитового типа пород. В качестве примеров массивов такого типа можно рассматривать Тургинский, массив Восточного Забайкалья.

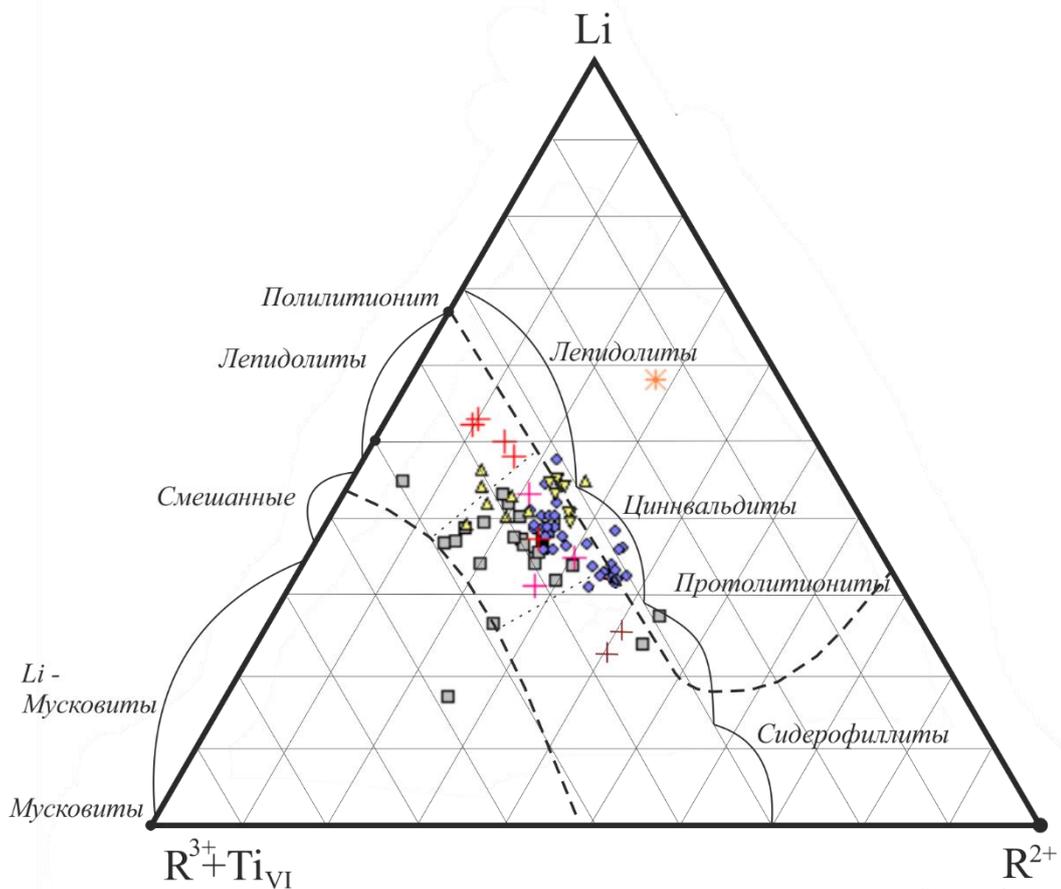
Однако в исследуемом Этыкинском массиве коренные неизменённые биотитовые граниты вскрыты не были, поэтому в разрезе пород Li-F гранитов установлена следующая эволюционная последовательность слюд (от глубоких горизонтов к апикали): протолитиониты- циннвальдиты – криофиллиты – лепидолиты. (Рис. 19). То есть с уменьшением глубины в слюдах гранитов Этыкинского интрузива происходит увеличение содержания лития.

Слюды пород «Li-залежи» и кварц-топазовых жил попадают в поле циннвальдитов и криофиллитов. (Рис.19)

Таблица 4 Составы (масс.%) и формулы слюд из гранитов Этыкинского массива Li-F гранитов.

	Граниты										
	С/з Прт Аб граниты		С/з Циннв Аб граниты		Амаз граниты		Топ-Кв жилы во вмещ.	Амаз гранит			
	Прт	Прт	Цнв	Цнв	Леп	Леп	Цнв	Леп	Леп	Э-	Э-
	2	П-272	П-268	П-264	7	8	6	Э-224	Э-224	2250	2250
SiO ₂	42,49	43,52	43,44	44,5	53,03	53,3	47,56	51,7	50,85	45,58	45,63
TiO ₂	0,28	0,33	0,3	0,29							
Al ₂ O ₃	22,16	20,52	20,9	17,33	18,95	18,56	19,65	17,83	18,3	35,8	19,73
FeO	13,18	14,05	10,53	10,18	2,74	3,27	6,91	5,69	6,24	0,67	10,08
Fe ₂ O ₃	1,5	0,61	3,02	1,81	0,92		0,57				
MnO ₂	0,97	0,67	0,54	0,77	0,92	0,52	0,48	1,07	1,53		0,72
MgO	0,44	0,67	0,44	1,07	0,48	0,45	1,43				
CaO	0,54	1,16	0,25	0,22	0,94	0,98	0,59				
Li ₂ O	2,62	2,92	2,90	3,20	5,67	5,75	4,09	5,28	5,04	3,51	3,53
Na ₂ O											
K ₂ O	9,01	9,54	9,63	9,87	8,64	7,93	8,83	9,47	9,75	9,09	9,64
F	4,71	4	6	5,8	7,1	6,08	9,51	7,56	9,43		8,45
O for F	1,98	1,68	2,52	2,44	2,98	2,55	3,99	3,18	3,96	0,00	3,55
Сумма	97,90	97,99	97,95	95,04	99,39	96,84	99,62	98,60	101,14	94,65	97,78
Сумма-F	95,92	96,31	95,43	92,61	96,41	94,28	95,62	95,43	97,18	94,65	94,23

Структурные формулы рассчитаны на 22 катиона												
Na	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	0,841	0,887	0,902	0,950	0,747	0,692	0,808	0,845	0,872	0,760	0,912	
Ca	0,042	0,091	0,020	0,018	0,068	0,072	0,045	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cs	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
сумма X	0,883	0,977	0,922	0,968	0,815	0,763	0,854	0,845	0,872	0,760	0,912	
Li	0,772	0,855	0,855	0,972	1,545	1,580	1,180	1,487	1,421	0,926	1,052	
Fe**	0,807	0,856	0,647	0,642	0,155	0,187	0,415	0,333	0,366	0,037	0,625	
Fe***	0,083	0,033	0,167	0,103	0,047	0,000	0,031	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,048	0,073	0,048	0,120	0,048	0,046	0,153	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mn	0,057	0,039	0,032	0,047	0,050	0,029	0,028	0,060	0,086	0,000	0,043	
Ti	0,015	0,018	0,017	0,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Al (VI)	1,021	0,933	0,998	0,898	1,109	1,140	1,075	1,088	1,079	1,751	1,106	
сумма Y	2,801	2,807	2,763	2,798	2,955	2,981	2,881	2,968	2,952	2,714	2,826	
Al (IV)	0,891	0,830	0,811	0,643	0,405	0,356	0,587	0,383	0,434	1,014	0,618	
Si	3,109	3,170	3,189	3,357	3,595	3,644	3,413	3,617	3,566	2,986	3,382	
сумма Z	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
OH	0,910	1,078	0,607	0,616	0,478	0,685	-0,158	0,327	-0,091	2,000	0,019	
F	1,090	0,922	1,393	1,384	1,522	1,315	2,158	1,673	2,091	0,000	1,981	
сумма (OH, F)	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000



- Молибденовый шток
- ✱ Дайка
- ◆ Li-грейзен
- ▽ 2-ой участок
- △ 1-ый участок
- ⊕ Протолитионтовые Amz граниты
- ⊕ Цинвальдитовые Amz граниты
- ⊕ Лепидолитовые Amz граниты
- △ жилы
- ⊕ Амазонитовые граниты

Рис.19 Состав слюд пород Этыкинского рудного поля на диаграмме соотношения катионов октаэдрической координации П.В. Ковалья и И.Л. Лapidеса (Коваль и др, 1972)

5.2. Акцессорные минералы.

5.2.1. Циркон.

Нами изучены морфология и состав цирконов из амазонитовых гранитов Этыкинского массива. Все изученные цирконы полупрозрачны, окрашены в буровато-желтые оттенки. Они представлены удлиненными призматическими кристаллами с пирамидальными окончаниями. Хорошо развиты грани (110) и (101), иногда появляются грани (211). Удлинение у этыкинских цирконов варьирует от 1:1,5. Нами была оценена температура кристаллизации цирконов по морфологии кристаллов (Purin, 1980). Для цирконов Этыки она составляет 600⁰С.

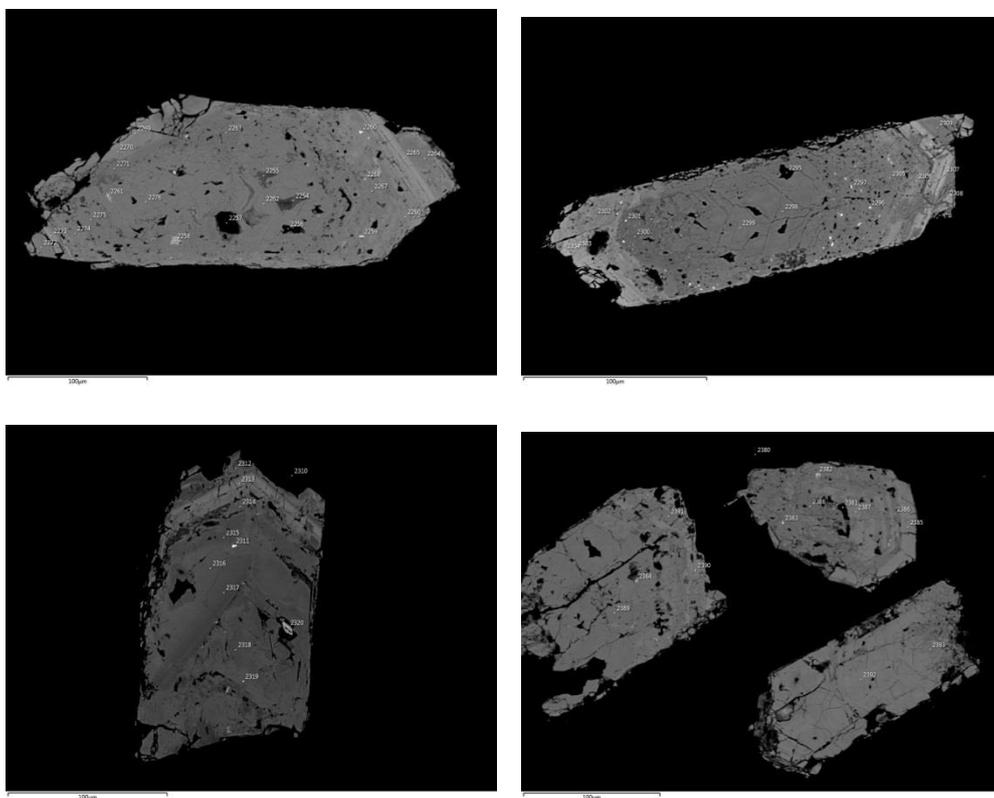


Рис. 21 Резорбированный циркон из амазонитовых гранитов (Э-522, Э-659/01). Содержание HfO₂ до 17 масс.%. Включения галенита, ксенотима, Zr-Th-коффинита (?)

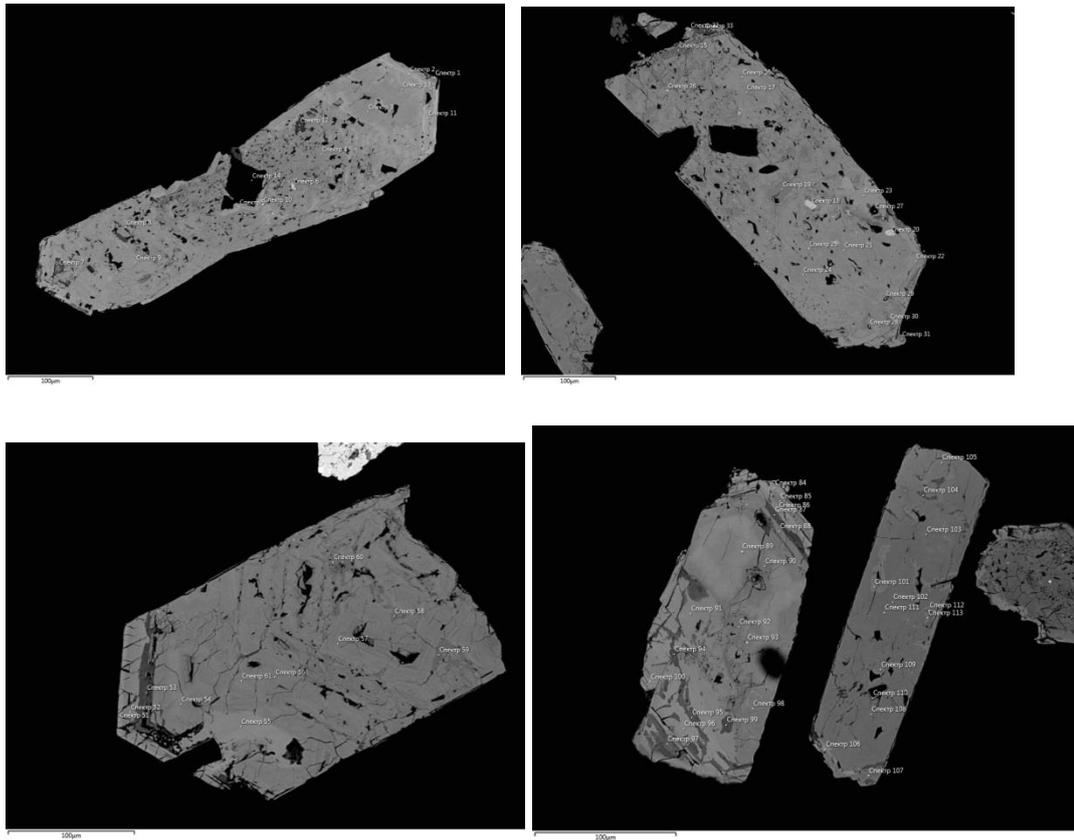


Рис. 22 Резорбированный циркон из амазонитовых гранитов Э-224. До 17 масс% HfO₂. Включения ксенотима, колумбит-танталита, торита.

Химический состав цирконов был изучен на микроанализаторе CAMECA SX-100 и на ионном зонде SIMS (г. Ярославль).

На диаграмме в координатах U/Th – Zr/Hf (рис 23) цирконы из Этыкинского и Спокойнинского массивов поле дают локальные поля составов, в отличие от цирконов из протолитионитовых гранитов Орловского массива.

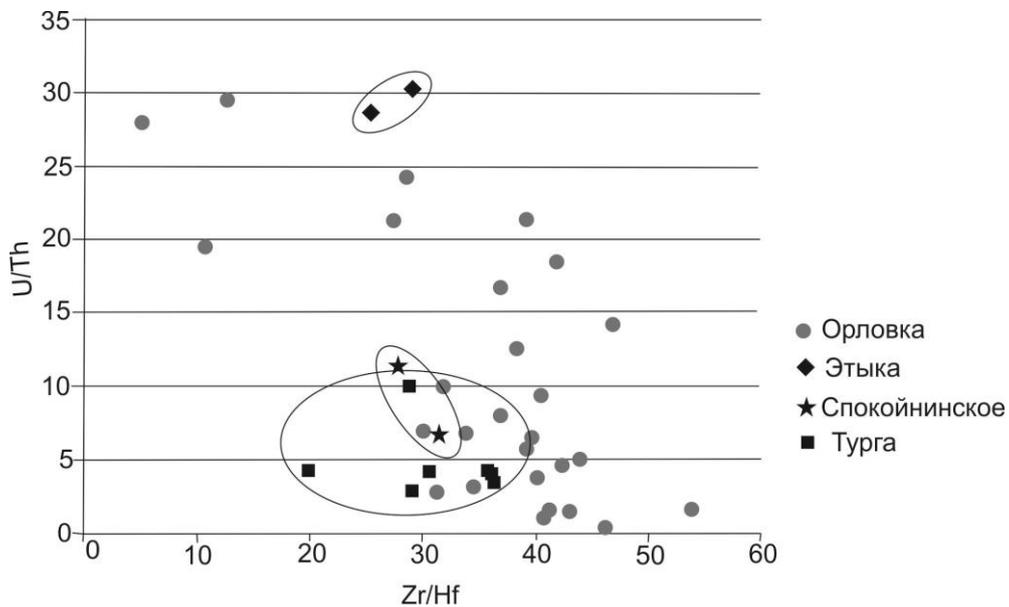


Рис.23. Цирконы на диаграмме Zr/Hf - U/Th

На рис. Приведены нормированных на хондрит спектры распределения РЗЭ в цирконах Этыкинского массива. Как видно из рисунка, для этыкинских цирконов характерны высокие суммарные содержания РЗЭ, в основном за счёт HREE и сглаженную Ce-аномалию, что указывает на их метасоматический генезис (Hoskin, Schaltegger, 2003).

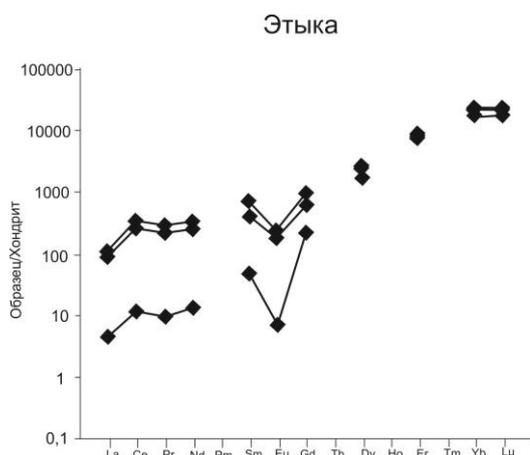


Рис. 24 Нормированные на хондрит содержания РЗЭ в цирконах Этыки (по S.Sun and W.F.McDonough, 1989)

Магматические и метасоматические цирконы было предложено разделять по величине Ce-аномалии и степени дифференциации LREE (Pelleter E. et al., 2007; Hoskin 2005). Как видно из диаграммы (рис.24), в поле магматических цирконов попадают только тургинский и орловский цирконы. Цирконы Этыки, судя по диаграмме, являются метасоматическими образованиями, спокойнинские цирконы проявляют разную степень гидротермальной переработки. Цирконы из протолитионитовых гранитов Орловки распределяются в широкой области, отражая сложный многостадийный генезис (Сагитова, 2017).

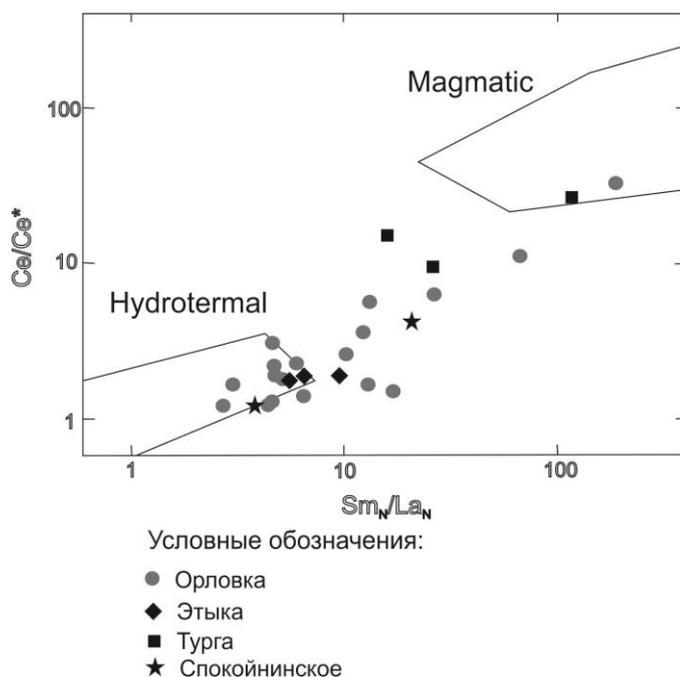


Рис. 25. Распределение цирконов редкометалльных месторождений Восточного Забайкалья на диаграмме $Ce/Ce^* - Sm_n/La_n$.

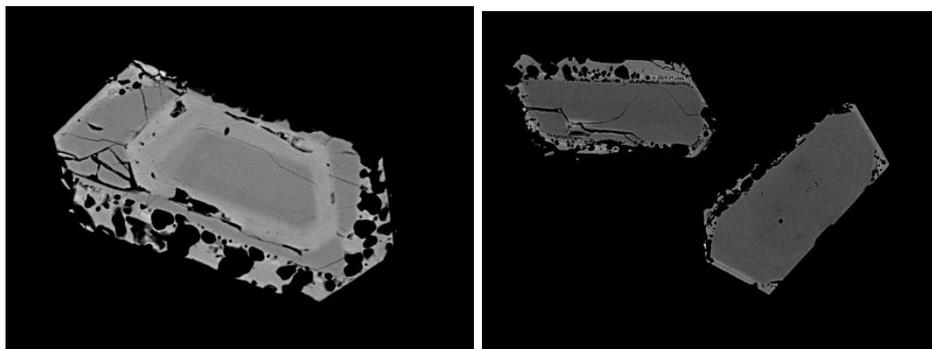


Рис. 26 Циркон из экзогрейzenов «Li-залежи». Во внешней оболочке до 1,5 масс.% UO_2 . Замещения внешней оболочки альбитом, слюдой, кварцем. Включения галенита, топаза, арсенопирита, пирита, рутила.

5.2.2. Микролит.

Нами изучены морфология и состав микролитов из амазонитовых гранитов Этыкинского массива.

Микролит – минерал супергруппы пирохлора. Минералы этой супергруппы имеют общую формулу $A_{2-m}B_2X_{6-w}Y_{1-n} \cdot pH_2O$ (упрощенно $A_2B_2O_6(O,OH,F)$). Позицию А могут занимать Na, Ca, Mn, Fe^{2+} , Fe^{3+} , Sr, Sb, Cs, Ba, редкоземельные элементы, Pb, Bi, Th и U; позицию В – Nb, Ta, Ti, Al, Fe^{3+} , Zr, Sn и W, в позицию Х входят О и ОН, для Y характерен F [Горжевская и др., 1974; Vito, 2006]. Минералы

этой супергруппы подразделяются на основе соотношений ведущих катионов группы В: доминирование Nb – пироклор, Ta – микролит, Ti – бетафит.

На Этыке нами описаны два типа микролитов – светло-жёлтые и тёмные рыжевато-красные. Кристаллы представлены октаэдрами, также были встречены октаэдры в комбинации с кубом. Размеры зёрен до 0,1 мм. (Рис.27)

Дальнейшие исследования морфологических особенностей микролитов проводилось на растровом электронном микроскопе НІТАСНІ (Ресурсный центр «Геомодель»). Как видно из рис. наиболее распространённой формой изучаемых микролитов является октаэдр. На гранях наблюдаются фигуры травления в виде ямок, борозд. Излом раковистый. Некоторые образцы сильно трещиноваты.

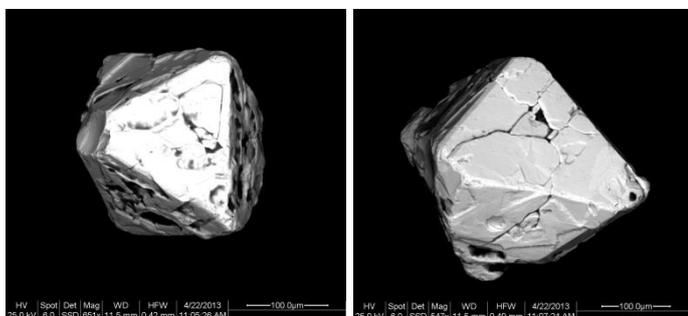


Рис. 27 Октаэдрические кристаллы микролита. Изображения в растровом электронном микроскопе.

Содержания Ta и Nb в этыкинских микролитах сильно варьируют (табл.5). Так, содержание тантала колеблется от 24,720 до 59,873 масс.% Ta₂O₅, среднее содержание составляет 39,542. Содержание ниобия меняется от 12,026 до 40,920 масс.% Nb₂O₅, в среднем – 28,505. Среднее содержание титана – 0,857 масс.% TiO₂. Стоит также обратить внимание на исключительно высокое содержание урана – 9,652 масс.% UO₂ в среднем и до 12,501 в частности.

В этыкинских микролитах проявлена зональность:

1. Однако также можно выделить относительно более ниобиевое ядро в качестве первой зоны со средними содержаниями ниобия 36,569 масс.% Nb₂O₅, тантала – 30,800 масс.% Ta₂O₅.
2. Микролиты второй зоны распространены не повсеместно. Они обладают высокими содержаниями урана - до 12,5 масс.% UO₂. Среднее содержание тантала составляет 44,301 масс.% Ta₂O₅, ниобия – 23,618 масс.% Nb₂O₅, титана – 1,005 масс.% TiO₂.

3. В качестве третьей – внешней - зоны можно выделить наиболее поздние образования с высоким содержанием тантала – до 59,873 масс.% Ta_2O_5 и пониженным ниобия – до 13,546 масс.% Nb_2O_5 .

Следует отметить, что первичная зональность этыкинских микролитов несколько нарушена, зоны однородного состава не связаны с кристаллографическими направлениями роста первичного кристалла.

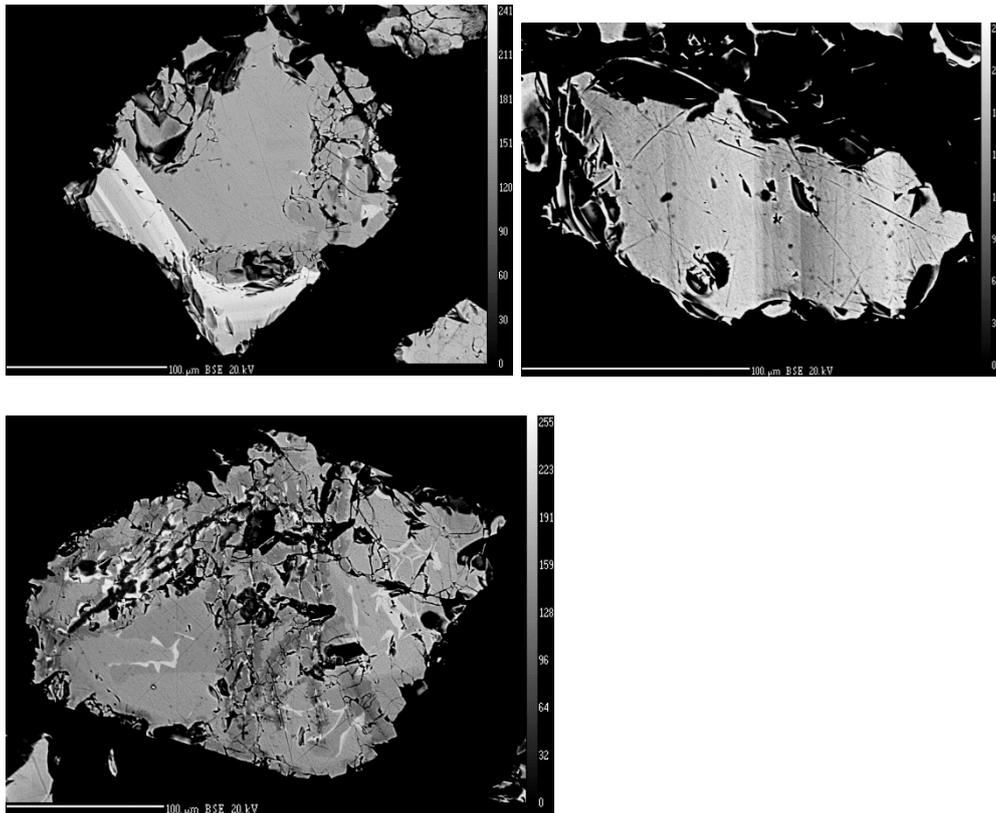


Рис. 28 Светлый U-микролит из амазонитовых гранитов Этыкинского массива.

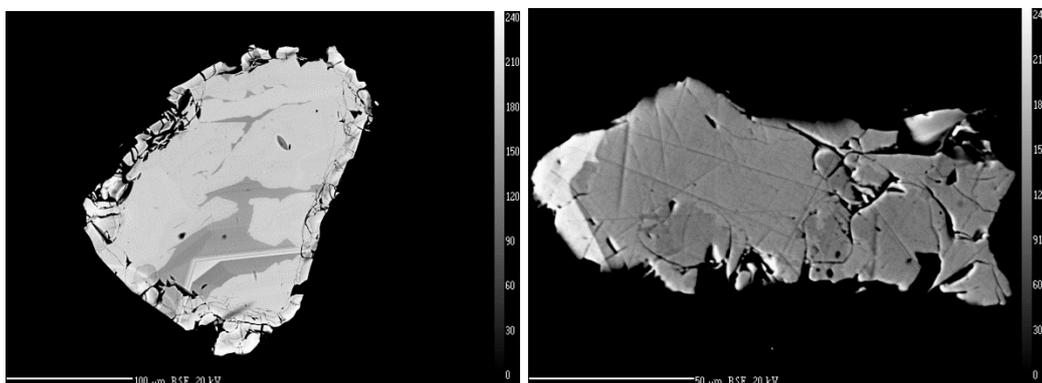


Рис. 29 Тёмный U-микролит из амазонитовых гранитов Этыкинского массива.

Сравнительный анализ микролитов Орловского и Этыкинского месторождений показал значительные различия в их составах. Орловские микролиты независимо от их окраски содержат исключительно высокую концентрацию тантала – до 75,194 масс.% Ta_2O_5 и повышенные, по сравнению с этыкинскими минералами, кальция – до 10,798 масс.% CaO – и свинца – в среднем 3,284 масс.% PbO_2 . Этыкинские микролиты отличаются повышенными содержаниями ниобия (до 40,920 масс.% Nb_2O_5), титана (до 1,012 масс.% TiO_2) и церия (до 2,259 масс.% Ce_2O_3). Особенно следует отметить очень высокую концентрацию в них урана – до 12,501 масс.% UO_2 (Сагитова, 2014).

Таблица 5 Состав микролитов Этыкинского массива (Э-522).

Элемент	тёмные рыжевато-красные		светло-жёлтые	
	6/1	7/1	13/1	14/1
CaO	7,25	7,24	6,94	6,07
Na ₂ O	5,59	6,01	5,20	4,99
Ce ₂ O ₃	1,82	1,97	2,13	1,59
PbO ₂	0,69	1,34	2,91	2,49
ThO ₂	0,36	0,47	0,72	0,35
UO₂	11,00	10,86	9,56	11,85
MnO	0,05	0,10	0,00	0,03
BaO	0,04	0,06	0,00	0,02
Rb ₂ O	Н.о.	Н.о.	Н.о.	Н.о.
SnO ₂	1,43	1,12	1,44	0,77
WO ₃	0,38	0,33	0,39	0,62
В-позиция				
Nb ₂ O ₅	24,08	35,15	33,88	23,62
Ta ₂ O ₅	42,88	30,93	32,62	44,38
TiO ₂	1,02	0,76	0,90	0,89
ZrO ₂	0,00	0,03	0,03	0,01
Al ₂ O ₃	0,01	0,16	0,03	0,02
SiO ₂	0,51	0,38	0,38	0,50
Х-позиция				
SO ₃	0,09	0,01	0,05	0,10
F	2, 71	2,81	2,43	3,42
Сумма	100,08	99,75	99,61	101,77

Каких-либо вариаций состава между светлоокрашенными и тёмно-красными разновидностями микролитов нами обнаружено не было.

5.2.3. Касситерит.

Касситерит в топаз-кварцевых жилах первого участка месторождения Старая Этыка образует довольно крупные (до 2-4 см) изометричные и вытянутые кристаллы чёрного и тёмно-бурого цвета в ассоциации со сфалеритом, галенитом, халькопиритом. Из элементов-примесей в нём присутствует Nb – до 1,5 масс.% Nb₂O₅. Для него характерны включения вольфрамита. Эта разновидность касситерита была отобрана нами для определения возраста его кристаллизации U-Pb методом.

Касситерит из кварц-амазонитовых жил второго участка ассоциирует с топазом и похож на вышеописанный касситерит. Вторая разновидность касситерита этих пород встречается в ассоциации с галенитом.

Касситерит из амазонитовых гранитов образует мелкие зёрна, с обильными включениями галенита. Иногда в качестве элементов-примесей в касситерите обнаружен тантал (до 1,75 масс.% Ta₂O₅) и ниобий. (Табл.6) Однако, из-за повышенных содержаний марганца в этих же точка анализа, вероятнее всего это – микроворстки Mn-танталита. Из-за большого количества включений галенита данный касситерит не может быть датирован U-Pb-методом.

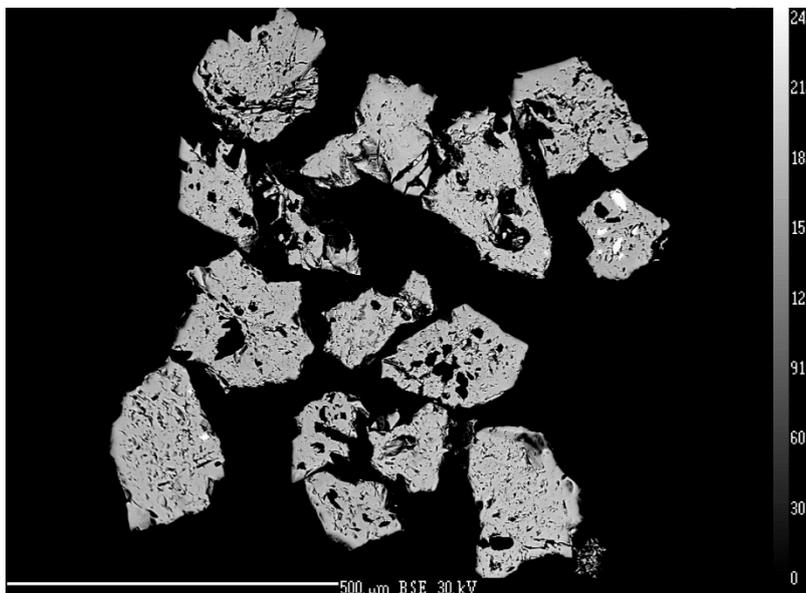


Рис. 30 Касситериты с включениями галенита из амазонитовых гранитов Этыкинского массива (Э-522).

Таблица 6. Состав касситерита из амазонитовых гранитов Этыкинского массива.
(масс.%) (Э-522).

	114_OR2008- 2_BSE22	115_OR2008- 2_BSE22	116_OR2008- 2_BSE22
	16 / 1 .	17 / 1 .	18 / 1 .
SiO₂	0,24	0,15	0,43
CaO	0,00	н.о.	0,05
Sc₂O₃	н.о.	н.о.	н.о.
TiO₂	0,02	0,20	0,06
MnO	0,02	0,01	0,01
FeO	0,02	0,37	0,20
ZrO₂	0,01	0,00	0,07
Nb₂O₅	0,08	0,13	0,36
SnO₂	100,24	98,24	99,20
HfO₂	н.о.	н.о.	н.о.
Ta₂O₅	н.о.	1,75	0,19
WO₃	0,01	0,01	0,24
UO₂	0,03	0,03	0,03
Сумма	100,67	100,90	100,82

Таблица 7 Минералы амазонитовых гранитов и грейзенизированных роговиков Этыкинского месторождения.

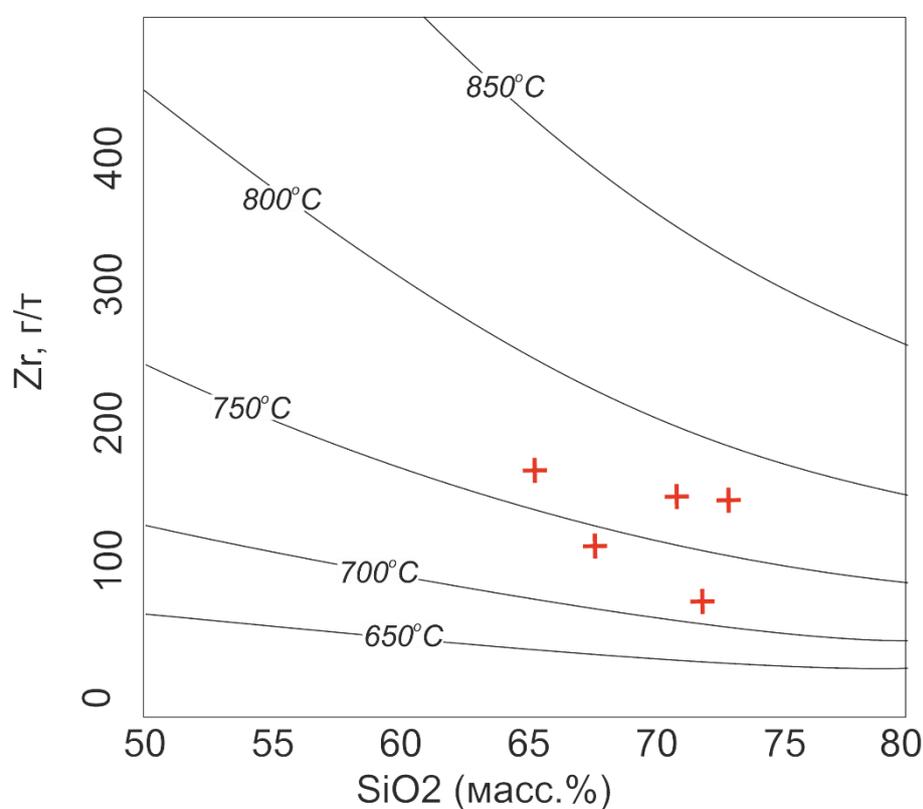
Минералы	Граниты	Li-залежь (37)
Циркон	до + 17% HfO ₂ , 5 % UO ₂	+
Ксенотим	+	
Колумбит-танталит	+	
Th минерал	+	
Монацит	+	+
Ксенотим	+	
Микролит	+ до 11 масс%UO ₂ / 9 масс% PbO 4 масс%F	

Арсенопирит	+	
Галенит	+	+
Касситерит	+ до 1,5 масс% Nb ₂ O ₅ , 2 масс% TiO ₂ , 2,5 масс% Ta ₂ O ₅	
Пирит	+	
Топаз	+	+
Флюорит	+	+?
Рутил	+ до 5 масс% Nb ₂ O ₅	
Апатит (F)	+	
Вольфрамооксиолит	+Mn, Ta-Nb	
Сфен		+
Уранинит	+	

Глава 6. Температуры кристаллизации пород Этыкинского интрузива.

В рамках данной исследовательской работы анализ температурного режима образования амазонитовых гранитов был проведён графическим методом по степени насыщения силикатного расплава Zr (Watson, Harrison, 1983).

Температуры кристаллизации амазонитовых гранитов Этыкинского интрузива находятся в интервале 710-770°C. (Рис.31)



+ Амазонитовые граниты Этыкинского массива

Рис.31 Температуры кристаллизации пород Этыкинского интрузива; диаграмма в координатах Zr-SiO₂ по (Watson, Harrison, 1983) и (Z. Salehi et al., 2014).

При сравнении температур кристаллизации гранитов Этыкинского массива с близлежащими к нему массивами амазонитовых гранитов видно, что температуры кристаллизации амазонитовых гранитов Этыкинского интрузива соответствует интервалу 695 – 780 С, что

близко к условиям кристаллизации амазонитовых гранитов Орловского массива и значительно ниже, чем амазонитовых гранитов с U-Th-REE минерализацией. (Табл.8)

Таблица 8. Температуры кристаллизации амазонитовых гранитов Этыкинского, Тургинского и Орловского массивов (из Сырицо и др. 2021 с дополнениями автора).

Массив	Разновидность пород	Температура кристаллизации пород, °С				
		1	2	3	4	5
Этыкинский	амазонитовые	710–770	710–780	600	695	–
Тургинский	порфировидные биотитовые	710–740	705–750	600–700	810	720–800
	протолитионитовые	800–860	810–855	800–900	852	>820
	амазонитовые	720–755	730–770	600	754	700–800
Орловский	протолитионитовые	695–780	700–770	600–750	730–770	620
	порфиробластовые	630–680	630–700	600	740	–
	амазонитовые	600–710	650–700	–	–	–

Примечание. Геотермометры: по степени насыщения силикатного расплава Zr, 1 – по (Watson, Harrison, 1983), 2 – по (Salehi et al., 2014); 3 – морфология циркона (Pupin, 1980); 4 – «Ti-in-Zircon» (Ferry, 2007), применялся при содержании Ti < 30 г/т, (*) – содержание Ti в цирконе превышает допустимое значение для расчета; 5 – коэффициент распределения Gd в сосуществующих монаците и ксенотиме по (Gratz, Heinrich, 1998).

Глава 7. Геохронологические исследования

В 2004 году Костицыным с помощью Rb-Sr метода датирования был изучен возраст гранитоидов Кукульбейского массива, в том числе и Li-F амазонитовых гранитов, чей возраст составил 142.1 млн лет (Рис.32), что соответствует представлению о них как о позднеюрской завершающей фазе Кукульбейского комплекса.

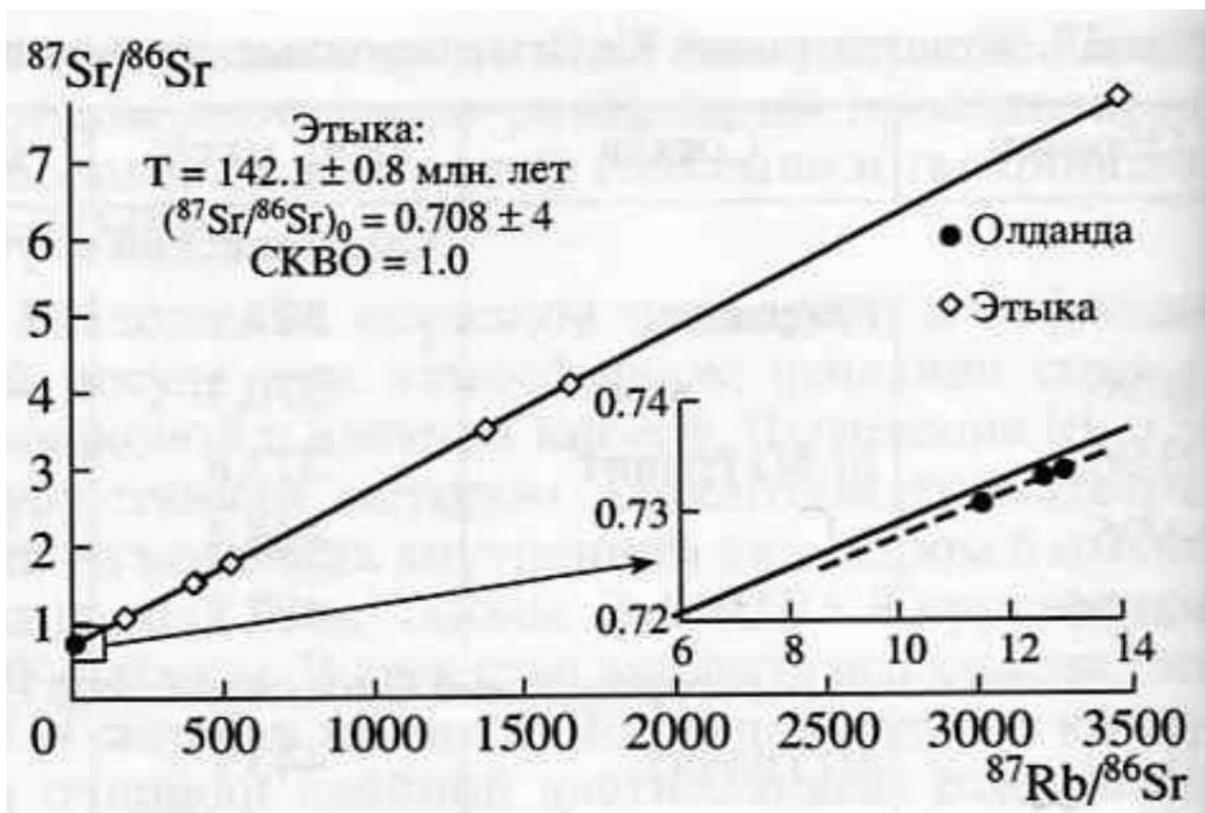


Рис 32 Rb-Sr изотопная диаграмма для гранитов Этыкинского и Олдандинского массивов. На врезке в увеличенном масштабе показаны точки отвечающие Олдандинским гранитам. (по Костицын и др.,2004)

Нами был оценён возраст касситеритов из кварц-топазовых жил I участка Старой Этыки, который составил $140,8 \pm 3,6$ Ма, что находится в хорошем согласии со временем кристаллизации амазонитовых гранитов массива – $142,1 \pm 0,8$ Ма.. (Рис.33)

Возраст касситерита из гранитов оценён не был из-за обилия микровключений галенита.

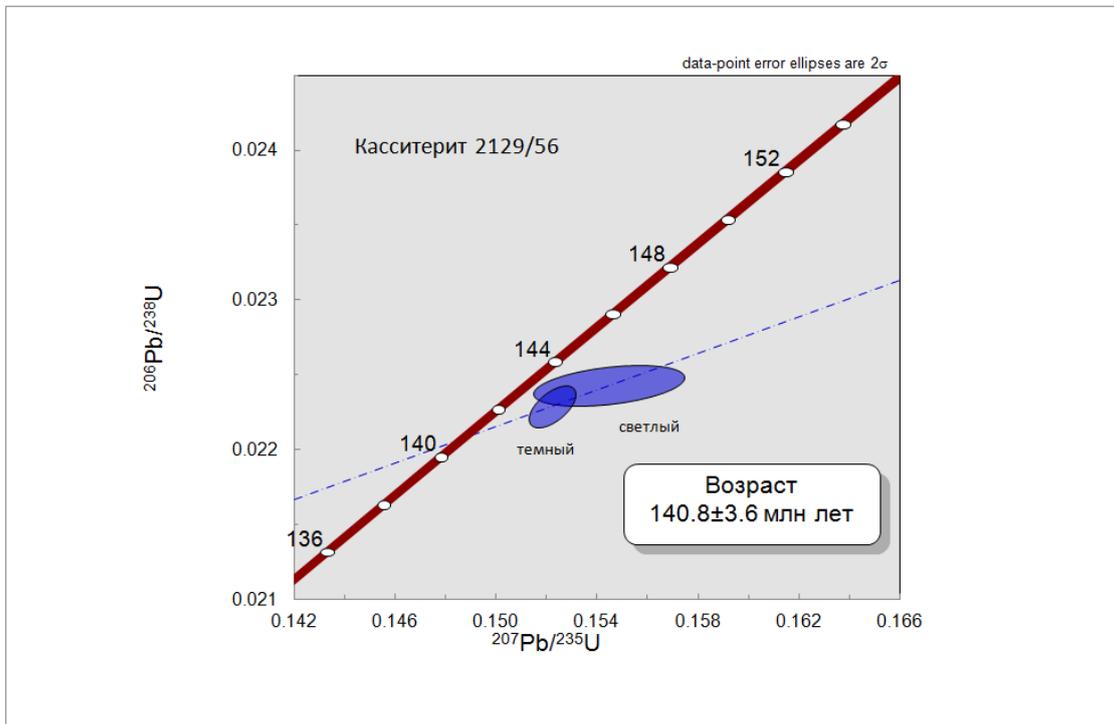


Рис 33. Диаграмма для касситерита из топаз кварцевых жил первого участка месторождения Старая Этыка.(Предварительные данные ИГГД РАН)

Вывод: Кварц-топазовые рудносные жилы связаны с массивом Li-F гранитов.
Догранитный возраст жильного касситерита не подтвердился.

Заключение

1. Изучен минеральный и химический состав Li-F гранитов Этыкинского массива в Восточном Забайкалье. В отличие от известных массивов Li-F гранитов в ряду дифференциатов вертикального разреза пород этого массива установлено падение содержания лития: от 700 до 200 ppm Li. Вероятно, это связано с выносом лития из гранитного массива, что обусловило процесс экзоконтактовой грейзенизации (возникает уникальная Li-залежь).

2. Изучен состав Li-роговиков зоны экзоконтакта массива. В них установлены высокие содержания лития – до 5930 г/т. Минералы концентраты лития и фтора – криофиллит, топаз, флюорит и фториды Mg, Ca, Na. Спектр распределения РЗЭ в породах отражает низкую степень дифференциации. Впервые выявлены аномально высокие концентрации рубидия – до 2870 г/т и цезия – до 395 г/т.

3. Оценён возраст касситеритов из кварц-топазовых жил I участка Старой Этыки-140,8±3,6 Ма, что находится в хорошем согласии со временем кристаллизации амазонитовых гранитов массива – 142,1±0,8 Ма, что подтверждает их генетическую связь.

4. Температура кристаллизации амазонитовых гранитов Этыкинского массива соответствует интервалу 695 – 780 °С, что близко к условиям кристаллизации амазонитовых гранитов Орловского массива и значительно ниже, чем амазонитовых гранитов Тургинского массива с U-Th-REE минерализацией.

Список литературы

1. Бескин С.М., Гребенников А.М., Маттиас В.В. Хангилайский гранитовый плутон в Восточном Забайкалье и связанное с ним Орловское танталовое месторождение// Петрология. 1994.Т.1 №1. С.111-122
2. Бескин С.М., Ларин В.Н., Марин Ю.Б. Редкометальные гранитовые формации. Л.:Недра, 1979.
3. Бескин С.М., Загорский В.Е., Кузнецова Л.Г., Курсинов И.И., Павлова В.Н., Прокофьев В.Ю., Цыганов А.Е., Шмакин Б.М. Этыкинское редкометальное рудное поле в Восточном Забайкалье // Геология рудных месторождений. 1994. Т. 36. № 4. С. 310-325.
4. Беус А.А., Беренгилова В.В., Грабовская Л.И. и др. Геохимические поиски эндогенных месторождений редких элементов (на примере тантала). М.: Недра, 1968
5. Бородина В. Г., Эйдельман Л.Е., Бараневич С.Х., Ильницкая А.В. Отчёт о результатах поисково-оценочных работ на флангах Этыкинского месторождения за 1977-1981г. Чита: ГЕОЛФОНД Чит. Геол. упрвления. 1981.
6. Добрецов Г.Л., Лесков С.А., Марин Ю.Б. Принципы расчленения и картирования гранитоидных интрузий: Методические рекомендации. Л.: ВСЕГЕИ, 1988.61 с.
7. Дружинин А.В., Колесниченко В.С., О возрастном взаимоотношении вольфрамового и оловянного оруденения в Кукульбейском рудном районе Восточное Забайкалье// Геология руд. месторождений. 1964. №1 С.81-87
8. Дэви М.Н., Скурский М.Д. О новом типе минерализации на Этыкинском рудном поле//Вопросы региональной геологии и металлогении Забайкалья. Вып V. Чита: Изд-во Забайкальского ф-ла географического о-ва СССР, 1970. С. 20-2
9. Иванова А.А., Сырицо Л.Ф., Баданина Е.В., Сагитова А.М., Циркон полиформационного тургинского массива с амазонитовыми гранитами (Восточное Забайкалье) и его петрогенетическое значение//Записки Российского минералогического общества. №147. .2018. С 1-21;
10. Коваль П.В. и др. Состав биотитов гранитоидов Восточного Забайкалья // Геохимия, 1972, №8, с.957-970.
11. Коваль П.В. Петрология и геохимия альбитизированных гранитов. Новосибирск: Наука, 1975.
12. Колисниченко В.С. Геологическое строение и рудоносность редкометального рудного поля в Восточном Забайкалье: Автореф.дис. канд.геол-мин. наук. М: Университет дружбы народов, 1968. 27 с.

13. Костицын Ю.А., Зарайский Г.П., Аксюк А.М., Чевычелов В.Ю. Rb-Sr Изотопные свидетельства генетической общности биотитовых и Li-F гранитов на примере меторождений Спокойнинское, Орловское и Этыкинское (Восточное Забайкалье)// Геохимия. 2004. №9. С. 940-948
14. Котляр В.Н., Дружинин А.В., Колисниченко В.С. Отчёт о научно-исследовательской работе на тему «Геология и Структура Этыкинского рудного поля». Москва: ГЕОЛФОНД Чит. Геол. управления. 1963.
15. Кравченко В.М., Авлеева М.В., Бугров Ю.Н. Прогнозирование редкометального оруденения с помощью ЭВМ// Разведка и охрана недр.1979. №5. С. 15-21.
16. Адосик Г. М., Курсинов И. И., Барахоев В. П., Кондинский Ф. Г. ОАО «Заб. ГОК». Проблемы, задачи, направления развития // Ресурсы Заб. – 2001. – № 2.
17. Лапидиес И.Л., Коваленко В.И., Коваль П.В. Слюды Редкометальных гранитоидов. Новосибирск: Наука, 1977.
18. Левицкий О.Д. Геология рудных месторождений. М.:Наука, 1964.
19. Левицкий О.Д., Аристов В.В., Константинов Р.М., Станкеев Е.А. Этыкинское оловорудное месторождение Восточного Забайкалья. М.:Изд-во АН СССР,1963.
20. Лишнеевский Э.Н., Бескин С.М. Объёмное строение и пространственное положение оловорудных и редкометальных районов // Глубинные условия эндогенного рудообразования. М.: Наука,1986. С 60-75.
21. Луговской Г.П., Матиас В.В., Тимофеев И.Н., Фельдман Л.Г. Строение массивов редкометальных гранитов и особенности их генезиса// Редкометальные граниты и проблемы магматической дифференциации. М.: Недра, 1972. С. 131-161.
22. Матиас В.В., Тимофеев И.Н., Фельдман Л.Г., Бабкин А.С. Геологические особенности формирования танталоносных гранитных массивов и закономерности распределения в них редкометального оруденения // Бюллетень научно-технической информации Министерства геологии СССР. Сер. Геология месторождений полезных ископаемых; региональная геология. М.: ВИЭМС, 1967. № 8. С. 35-45.
23. Сырицо Л.Ф., Волкова Е.В., Ситников А.Л., Тимохина Л.А. Закономерности распределения петрогенных, редких и рассеянных элементов в породах и рудах Шумиловского вольфрамового месторождения (Центральное Забайкалье) и некоторые вопросы их генезиса // Вопросы геохимии и типоморфизм минералов. СПбГУ, 1998, №5, с.21-39;
24. Сырицо Л.Ф. Мезозойские гранитоиды восточного Забайкалья и проблемы редкометального оразования. СПб: Издательство С.-Петербургского университета, 2002. 357с.

25. Hoskin, P.W.O. Trace-element composition of hydrothermal zircon and the alteration of Hadean zircon from the Jack Hills, Australia. // *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2005, 69, 637–648
26. Hoskin P.W.O., Schaltegger U. The Composition of Zircon and Igneous and Metamorphic Petrogenesis. // *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 2003, v. 53, p.27-62
27. Pelleter E., Cheilletz A., Gasquet D., Moutaqqi A., Annich M., El Hakour A., Deloule E., Feraud G. Hydrothermal zircons: A tool for ion microprobe U – Pb dating of gold mineralization (Tamlalt – Menhouhou gold deposit – Morocco). // *Chemical geology*, 2007, v. 245, p. 135-161
28. Pupin Jr.P. Zircon and granite petrology // *Contrib. To Miner. And Petrol.* -1980. V.73. - P.207-220;
29. Sun S.-s. and W.F.McDonough. Chemical and isotopic systematic of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. // *Geological Society, London, Special Publications* 1989; v. 42; p. 313-345
30. Watson, E.B., and Harrison, T.M. (1983) Zircon saturation revisited: Temperature and composition effects in a variety of crustal magma types // *Earth and Planetary Science Letters*, v.64, p.295-304;
31. Watson, E. B. & Harrison, T. M. 1984. Accessory minerals and the geochemical evolution of crustal magmatic systems: a summary and prospectus of experimental approaches. *PHYS EARTH PLANET INTER* 35, 19–30;
32. Watson E.B., Wark D.A., Thomas J.B. Crystallization thermometers for zircon and rutile. // *Contrib Mineral Petrol*, 2006; 151, p. 413 – 433

Интернет ресурсы:

1. Политическая карта РФ [Электронный ресурс] URL: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia> (дата обращения 01.05.22)
2. Аэрофотоснимок района Этыкинского месторождения [Электронный ресурс] URL: <https://www.google.ru/intl/ru/earth/> (дата обращения 01.05.2022)
3. Энциклопедия Забайкалья [Электронный ресурс] URL: <http://encycl.chita.ru/encycl/>