

На правах рукописи

Павлова Анна Анатольевна

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И УСЛОВИЯ
ФОРМИРОВАНИЯ РЕДКОМЕТАЛЬНО-УРАН-ТОРИЕВОГО
ОРУДЕНЕНИЯ МАССИВА МАНЬ-ХАМБО
(ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**

Специальность 25.00.11 – Геология, поиски и разведка твердых
полезных ископаемых, минерагения

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

Москва - 2011

Диссертационная работа выполнена на кафедре минералогии, геохимии и петрографии в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе»

Научный руководитель: кандидат геолого-минералогических наук, профессор
Липчанская Лариса Ниловна (РГГРУ)

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Оникиенко Людмила Дмитриевна (РГГРУ)

кандидат геолого-минералогических наук
Политов Владислав Кириллович (ФГУП ЦНИГРИ)

Ведущая организация: **ФГУП «ИМГРЭ»**

Защита состоится 20 октября 2011 г. в 15:00 ч. на заседании диссертационного совета Д 212.121.04 при Российском государственном геологоразведочном университете им. Серго Орджоникидзе (РГГРУ) по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, аудитория 5-53.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке РГГРУ.

Автореферат разослан «19» сентября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук

Бобков А.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В диссертационной работе выполнен анализ геологических, структурных, минералогических и геохимических особенностей толщи пород, рудоперспективной на уран – торий, редкометальные и редкоземельные элементы. Эта толща с востока обрамляет крупный гранитоидный массив Мань-Хамбо и вместе с ним находится в пределах одноименного поднятия в юго-западной части Ляпинского мегантиклинория Центрально-Уральского поднятия. Рудоперспективная толща имеет средне-позднерифейский возраст и относится к структурно-формационному комплексу доуралид – байкалид Северного и Приполярного Урала. На основе обобщения имеющихся фондовых материалов и литературных источников, а также материалов, собранных лично диссертантом, получены новые данные о структурной позиции этой толщи и условиях локализации оруденения.

Актуальность работы. Правительством Российской Федерации в 2001 г. утверждены «Основные положения энергетической стратегии России до 2020 г.». Этим документом предусматривается рост общего энергопроизводства в России в 1,8 раза, при увеличении доли атомной энергетики с 12 до 21 %. Годовой расход природного урана на энергетические нужды должен при этом увеличиться в 1,8-2,3 раза. Вместе с тем, за последние 30 лет в России не было открыто ни одного уранового месторождения, способного обеспечить прирост запасов сырья для атомной энергетики. С проблемой сталкиваются многие зарубежные страны, в связи с чем в некоторых из них ведутся разработки по использованию тория в качестве альтернативного урану сырьевого материала для атомной энергетики [Котова, 2000].

Торий имеет существенные преимущества по сравнению с применяющимся уран-плутониевым топливом. В отличие от урана, у тория нет делящихся изотопов, однако для первого пуска ториевых реакторов необходимо использовать топливо из ^{235}U . Под воздействием нейтронного потока в ^{232}Th накапливается основной ядерный топливный элемент ^{233}U . В случае использования тория в ядерной энергетике мировая потребность в нем резко возрастет, что в итоге вызовет необходимость освоения ториевых месторождений, представленных разнообразными генетическими типами.

В южной части Ляпинского мегаантиклинория в пределах Маньхамбовского перспективного урановорудного района среди допалеозойских пород и в обрамлении одноименного гранитного массива были выявлены и оценены более десятка проявлений урана, тория и редких металлов [Душин и др., 2009]. Главным минералом-концентратором урана и тория является урансодержащий торит, кроме него широко распространены монацит, циркон, ильменорутит, зарегистрированы радиоактивные аномалии собственно урановой природы, связанные с проявлениями браннерита, коффинита, урано-титано-ниобатов.

Присутствие значительных надкларковых концентраций лантаноидов и иттрия в изученном районе связано с толщиной пород, потенциально перспективной на обнаружение месторождений редкоземельных металлов (РЗМ), к которым, в настоящее время, возрастает интерес промышленности,

обусловленный растущей потребностью радиоэлектроники, космотехники и в альтернативной энергетике. В 2011 г. Комитет по энергии Государственной Думы России планирует завершить создание программы по редким металлам с целью установления перспектив России в этом сегменте и упорядочить их добычу и применение.

Цель работы. Выявление особенностей геологического строения, вещественного состава, закономерностей локализации и этапности формирования комплексного редкометально-уран-ториевого оруденения в контактовой зоне массива Мань-Хамбо (Приполярный Урал).

Основные задачи.

1. Уточнение состава, строения, номенклатуры и генезиса пород рудоперспективной толщи доуралит и ее геологической позиции.
2. Выяснение петрографических и минералого-геохимических особенностей состава пород, вмещающих редкометально-уран-ториевое оруденение.
3. Изучение состава рудных минералов.
4. Определение последовательности и условий образования редкометально-уран-ториевой минерализации.
5. Выявление закономерностей размещения собственно урановой минерализации и построение геолого-поисковой модели.

Фактический материал и личный вклад. В основе работы лежат материалы, полученные в процессе поисковых работ Верхнетольинской партией ОАО «УГЭС» и сотрудниками ФГУП «ВИМС» в 2007-2009 гг. на восточном склоне массива Мань-Хамбо, где впервые за весь период изучения района было проведено систематическое бурение с целью оценки редкометально-уран-ториевого оруденения.

Для исследований использовались образцы и пробы, собранные сотрудниками ВИМСа во время краткосрочных командировок в 2007 г. и 2008 г. на месте полевых работ. Необходимые картографические материалы, а также часть каменного материала предоставлены главным геологом Верхнетольинской партии – Мезеновым И. А.

В процессе исследований автором проведен анализ и обработка имеющихся материалов по геологическому строению территории, выполнено минералогическое изучение керновых, бороздовых и штуфных проб, шлифов, аншлифов, а также интерпретация химико-аналитических данных по перспективному рудопроявлению Мань-Хамбо. Исследования проводились по плановым темам отдела редких металлов ФГУП «ВИМС» «Установить окolorудные изменения пород, определить вещественный состав и рудно-формационный тип уранового и редкометального оруденения на площади прогнозно-поисковых работ в гранитах массива Мань-Хамбо и в перекрывающих отложениях за 2007-2009 гг.».

Методы исследования. Были использованы следующие основные виды исследований и их объемы: документация 3264,5 погонных метра керна 32 скважин, которые расположены на 13 буровых профилях. Все химико-аналитические работы осуществлялись в лабораториях ФГУП «ВИМС»: выполнен рентгеноспектральный анализ (панорамный) на 57 элементов – 250

проб на сканирующем рентгеновском спектрометре MagiX-Pro (“Phillips”, Голландия); масс-спектральный с индуктивно-связанной плазмой анализ на 53 элемента с помощью Elan-6100 (“Perkin-Elmer”, США) – 40 проб. Определение абсолютного возраста произведено по 6 пробам цирконов из гранитов кинетическим Pb-Pb методом Л.В. Суминым. Микронзондовый рентгеноспектральный анализ руд выполнялся к.г.-м.н. Г.Н. Нечелюстовым на электроннозондовом микроанализаторе JXA-8100 (Jeol, Япония), оснащенный энергодисперсионной системой Inca-Energy 400 (Oxford) Instrument, Великобритания, с помощью которого изучались 82 аншлифа руд. Произведено петрографическое изучение более 600 прозрачных шлифов. А.В. Иоспой и В.М. Складневой выполнен рентгеновский количественный фазовый анализ 18 минералогических проб на автоматическом рентгеновском дифрактометре X’Pert PRO (Phillips). Люминесцентная спектроскопия минералов проведена В.А. Рассуловым на установке МСФУ-312 при возбуждении лучом лазера на молекулярном азоте (с длиной волны 337,1 нм).

Научная новизна работы. В результате обработки фактического материала, собранного автором, и обобщения ранее опубликованных и фондовых данных получены принципиально новые результаты:

1) Впервые предложена осадочно–динамометаморфически–гидротермально–метасоматическая гипотеза формирования оригинального типа комплексного редкометально-уран-ториевого оруденения.

2) На основе новых данных разработаны геолого-поисковые модели редкометально-уран-ториевого оруденения в районе исследований, основанные на представлениях об эволюции первично осадочных рудных скоплений в процессе тектонического развития Центрально-Уральского поднятия (ЦУП).

3) Установлены типоморфные особенности ряда минералов, слагающих комплексное редкометально-уран-ториевое оруденение, и их пространственно-временные взаимоотношения. Высвобождение урана из урансодержащих минералов в результате воздействия на них кремнещелочных растворов приводит к образованию минералов собственно урановой группы (коффинит, браннерит, урано-титано-ниобаты). Минералы тория и РЗЭ в результате метаморфизма изменяют химический состав и минеральную форму. Эти преобразования указывают на возможность формирования значительных рудных скоплений в пределах потенциально рудоносной толщи.

Практическая значимость. Выполненная работа существенно расширяет перспективы металлоносности района, а предложенные разноранговые геолого-поисковые модели позволят в большей мере систематизировать прогнозно-поисковые исследования и послужат методической базой. В частности, структурный критерий позволил полнее раскрыть значимость правых сдвигов ССВ простираения, оперяющих главный продольный взброс (надвиг?) западной вергентности, для локализации поздних гидротермальных преобразований, а также установить значимость зон дислокационного метаморфизма для размещения рудоперспективных аномалий. Выявленные закономерности размещения редкометально-уран-ториевой минерализации в пределах Мань-Хамбовского поднятия свидетельствуют о важной роли процессов миграции

рудного вещества с образованием участков обогащения, предопределенных динамометаморфическими преобразованиями вмещающих пород. Построение геолого-поисковых моделей имеет важное прикладное значение для поисков и оценки объектов, аналогичных выявленным далеко за пределами района исследований [Лучинин, 1975] на Полярном и Приполярном Урале в пределах полосы длиной более 800 км.

Апробация работы и публикации. Результаты исследований и основные положения диссертации докладывались и обсуждались на конференциях различного уровня: на IX и X Международной Конференции «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, 2009 г. и 2011 г.), на V Межвузовской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» (Москва, 2010 г.), на VI международной научно-практической конференции «Наука и новейшие технологии при поисках, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых» (Москва, 2010 г.), на V Сибирской международной конференции молодых ученых по наукам о Земле (Новосибирск, 2010 г.), на третьей научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Комплексное изучение и оценка месторождений твердых полезных ископаемых» (Москва, 2011 г.).

Основные идеи диссертации отражены в 8 публикациях, в том числе в 2 научных статьях в реферируемых журналах, перечисленных в списке ВАК.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа объемом 168 страниц состоит из введения, пяти глав и заключения. В ней содержится 84 рисунка и 21 таблица. Список использованной литературы содержит 110 наименований. *Первая глава*, составленная с использованием опубликованных и фондовых материалов, посвящена особенностям геологического строения района. В ней обсуждается проблема возраста гранитоидов массива Мань-Хамбо, приводится описание рудопроявлений урана на Полярном и Приполярном Урале. *Вторая глава* посвящена закономерностям размещения редкометально-уран-ториевого оруденения и минералого-геохимической характеристике рудовмещающего комплекса с описанием строения поисковых участков. *Третья глава* включает историю геологического развития района с выделением этапов формирования и преобразования рудной минерализации. В ней детально охарактеризован вещественный состав оруденения. В *четвертой главе* рассмотрены особенности главных промышленно-геологических типов месторождений урана, с которыми сопоставляется исследованная рудная зона Мань-Хамбо. В *пятой главе* на основе выявленных закономерностей размещения разработаны разноранговые геолого-поисковые модели редкометально-уран-ториевого оруденения в рифейских конгломерат-кварцитовых формациях, подвергшихся дислокационным и гидротермально-метасоматическим преобразованиям. *Заключение* содержит основные выводы по результатам проведенных исследований.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю кандидату геолого-минералогических наук, профессору Ларисе Ниловне Липчанской. За поддержку, неоценимую помощь в работе и содержательные консультации по основным проблемам исследований

диссертант искренне благодарен сотрудникам ВИМСа к.г.-м.н. Г.Н.Нечелюстову, В.В.Рябцеву, д. г.-м. н. В.В.Архангельской, А.Н.Сысоеву, В.А.Рассулову, к.г.-м.н. Л.В.Чеснокову, Л.В.Сумину, А.В.Иоспе, В.М.Склядневой, к.г.-м.н. С.Д.Потанину. Диссертант также весьма признателен д. г.-м. н. И.Г. Печенкину, д. г.-м. н. А.А. Константиновскому за ценные советы и критические замечания. Автор благодарен за помощь и поддержку в работе над диссертацией геологам Верхнетольинской партии ОАО «УГСЭ» и, особенно, светлой памяти главному геологу И.А. Мезенову.

Защищаемые положения

Первое защищаемое положение. Вдоль восточного края гранитоидного массива Мань-Хамбо протягивается метаморфогенный тольинский комплекс преобразованных конгломерат-кварцитовых пород байкальского складчатого основания и гранитоидов с оригинальным типом редкометально-уран-ториевого оруденения, сформированный в результате совокупно проявленных динамометаморфических и гидротермально-метасоматических процессов.

Гранитоидный массив Мань-Хамбо расположен на юге Ляпинского мегантиклинория и начинает цепь крупных гранитных массивов, протягивающуюся далеко на север к Кожимскому поднятию Приполярного Урала. Гранитоиды большинства массивов прорывают рифейско-вендские толщи доуралид и с «холодным контактом» перекрыты нижнеордовикской красноцветной тельпосской свитой. На этом основании большинство современных исследователей относит время их внедрения к заключительному этапу становления структуры доуралид (байкалид) — орогенной эпохе кембрия, что отражено на геологических картах Урала, а также подтверждают современные публикации [Удуратина и др., 2006, 2007; Водолазская, 1999]. В отличие от большинства интрузивов крупнейший среди них гранитоидный массив Мань-Хамбо некоторые исследователи [Душин, 2009] считают значительно более древним — близким к рубежу раннего и среднего рифея. Основанием для такого вывода послужили главным образом радиологические датировки, а также измененность гранитоидов (метаграниты). С этими представлениями хорошо согласуются геологические данные, полученные С.С.Шербиным и В.Н.Ослоповских [1966]. По их полевым наблюдениям восточная окраина массива Мань-Хамбо перекрыта грубообломочной базальной пачкой толщи светлых конгломератов и кварцитов, резко отличающихся от красноцветной тельпосской свиты — кровли большинства гранитоидных массивов. В настоящее время эти конгломераты с валунами и галькой типично маньхамбовских метагранитов, переслаивающиеся с гравелитами и светлыми (до белых) кварцитами выделяются в составе базальной пачки средне-верхнерифейской хобеинской свиты. С учетом того, что гранитоиды Мань-Хамбо прорывают нижнерифейскую щокуринскую свиту [Щербин, 1971], можно сделать вывод о предсреднерифейском возрасте гранитоидов.

Массив Мань-Хамбо является одним из крупнейших в пределах Ляпинского мегантиклинория (его площадь составляет около 700 км²) (рис. 1), и процесс его формирования носил полихронный характер. Проведенные определения абсолютного возраста цирконов Pb-Pb методом показали, что становление массива происходило в несколько этапов: 1) PR₁ (1700-1800 млн. лет); 2) R₁₋₂ (1200-1500 млн. лет); 3) R_{3-V} (1100-550 млн. лет); и 4) слабо проявленный палеозойский - PZ (300-400 млн. лет).

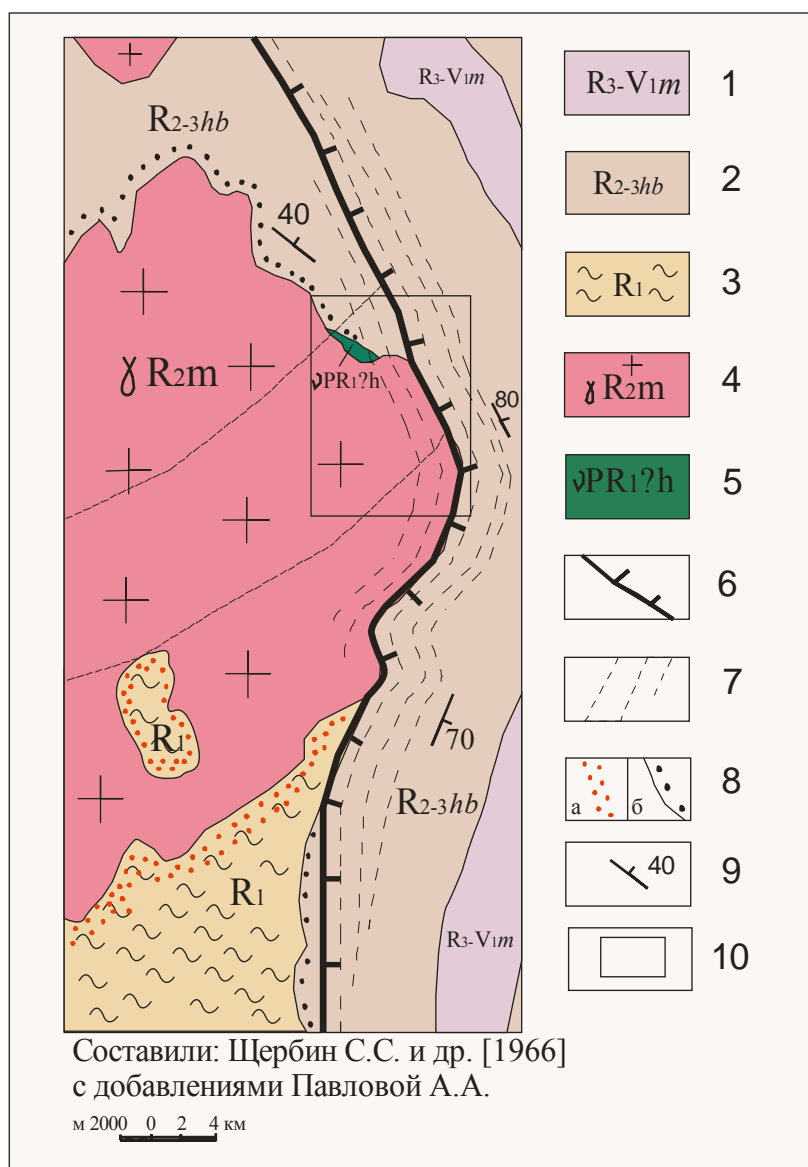


Рис. 1. Схема геологического строения района исследования масштаба 1: 200 000.

Под цифрами обозначены: 1 – верхнерифейско (?) – нижневендская маньинская (саблегорская) свита; 2 – средне- верхнерифейская хобеинская свита, включающая кварцевые и аркозовые метапесчаники и метаморфические сланцы альбит – карбонат – кварцевые, альбит-карбонат – кварц – эпидот – хлоритовые; 3 – нижнерифейские нерасчлененные толщи; 4 – среднерифейский маньхамбовский гранитоидный комплекс; 5 – раннепротерозойский (?) хобеизский метагабброидный комплекс; 6 – региональный надвиг; 7 – зона дислокационного метаморфизма (метаморфогенный тольинский комплекс); 8 а – зона контактового воздействия, б – трансгрессивное налегание; 9 – углы падения; 10 – Верхнетольинская площадь

Дислоцированные толщи доуралид - байкальского складчатого основания представлены отложениями хобеинской (R_{2-3hb}) и маньинской (саблегорской) (R_{3-V1mn}) свит. В нижней части разреза первой залегают конгломераты, линзовидно переслаивающиеся с аркозовыми и кварцитовидными песчаниками. В составе верхней части хобеинской свиты преобладают филлиты и слюдяные сланцы. Вышележащая маньинская свита также сложена преимущественно сланцами (филлитовидными и актинолитовыми), но отличающимися от верхнехобеинских пёстрой окраской. Среди них встречаются прослои метапесчаников и мраморизованных известняков и доломитов.

Рифейско-вендские породы с угловым несогласием перекрыты тельпосской свитой нижнего ордовика (O_{1tl}), сходной по составу с хобеинской, но отличающейся своей красноцветностью. Тельпосская свита сложена гравелитами и кварцитопесчаниками с базальными и внутриформационными конгломератами. На изучаемой площади её отложения и гранитоиды массива Мань-Хамбо пространственно разобщены, вследствие чего контакт между ними не наблюдается.

В результате тектонического развития территории, вероятно, в байкальский этап произошли складчатые дислокации рифейско-вендских метаосадочных, в меньшей мере вулканогенных толщ и дислокационные преобразования гранитоидов массива Мань-Хамбо. При этом наиболее интенсивное преобразование и перекристаллизация пород происходили на контакте гранитоидов с хобеинской свитой, где образовалась единая зона измененных пород, состоящая из обломков этих двух разнородных групп, которая выделяется под названием *метаморфогенного тольинского комплекса*. Его мощность колеблется от 100 до 250 м. Контакт с измененными гранитоидами проходит по глубоко проникающей зоне дробления и затушеван сопровождавшими тектонические события процессами метасоматической переработки пород. В тольинском комплексе наблюдается закономерное изменение размеров и количества обломков метагранитоидов. Вблизи массива этих обломков много, и они имеют крупные размеры (глыбы до 2 м). С удалением от гранитоидов количество и размер обломков уменьшаются и постепенно в нем начинают доминировать обломки и линзы псаммитов. Контакт тольинского комплекса с кварцитовидными и аркозовыми метапесчаниками и вышележащими метаморфическими сланцами постепенный и устанавливается по мере уменьшения слюдистых прослоев в них.

По аналогии со сходным метаморфогенным бельским комплексом Уйменского прогиба (Горный Алтай), который характеризуется большим разнообразием многочисленных динамометаморфических и метасоматических пород [Туркин, 2009], по степени интенсивности преобразований в составе метаморфогенного тольинского комплекса выделяется два подкомплекса: а) дислокационно-метаморфический (верхний) и б) дислокационно-метасоматический (нижний) (рис. 2).

Дислокационно-метаморфический подкомплекс (звено) отличается относительно слабой степенью преобразований. Он состоит в основном из обломков и линз осадочных пород (гравелиты, кварцевые и аркозовые песчаники, алевролиты и пр.), которые преобразованы в результате динамометаморфизма в кварц-слюдистые кварциты и милониты, среди которых встречаются обломки кварцитовидных и аркозовых слюдистых метапесчаников с реликтами косоугольной слоистости (рис. 3). Эти реликты свидетельствуют о том, что в условиях обширной речной дельты или шельфа происходило накопление прибрежно-морских осадков, которые могли содержать рудные компоненты, при этом тяжелые акцессорные минералы (редкометалльные и уран-ториевые), накапливаясь внизу, образовали залежи россыпей различной протяженности и мощности.

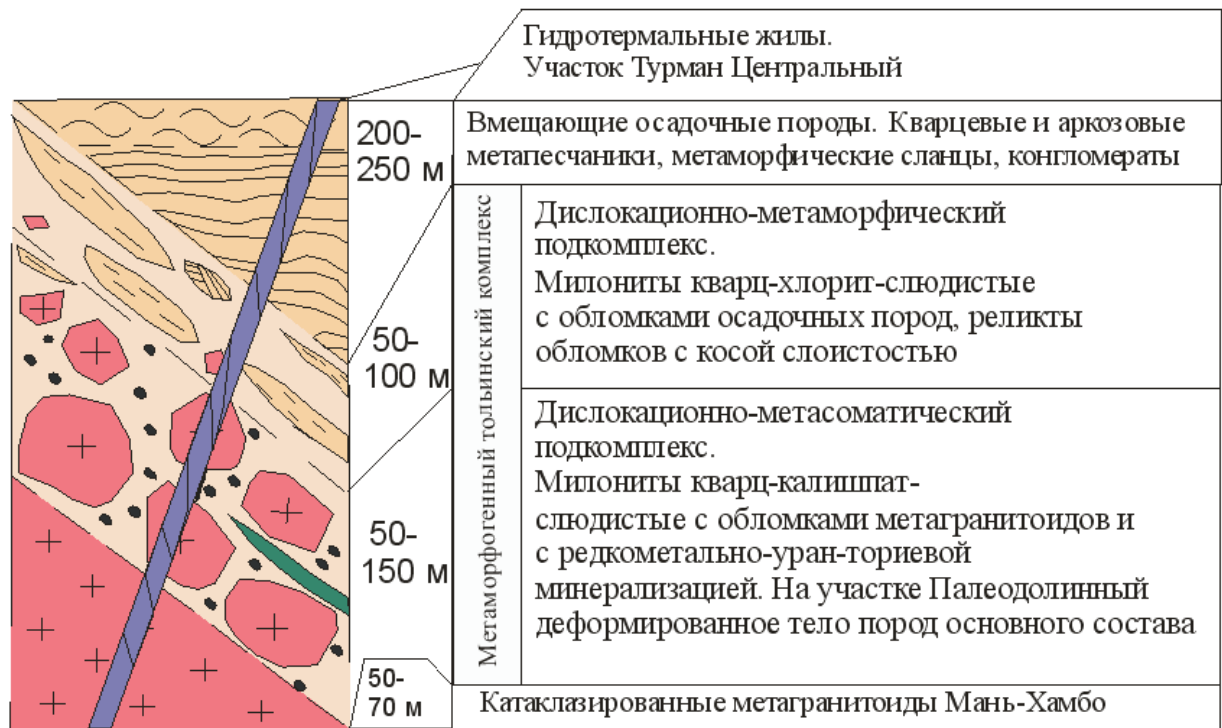


Рис. 2. Обобщенный схематический разрез района исследования

Распределение этих минералов ритмичное — тяжелые акцессорные минералы концентрировались в основании слоев. Кроме этого на участке Палеодолинный в фукситовых микропрожилках в кварцитопесчаниках, в незначительном количестве были обнаружены цинковые хромшпинелиды [Павлова, 2011]. Интересно отметить, что эти минералы были найдены вблизи крупной линзы (длиной до 1-2,5 км) метагабброидов хобеизского комплекса, ориентированной согласно напластованию пород и вытянутой в меридиональном направлении. Форма тела габброидов может быть обусловлена пластической деформацией пород в зоне дислокационно-метаморфических изменений, что характерно для основных и ультраосновных пород, испытавших пластические деформации в зонах разломов [Старостин, 1988].

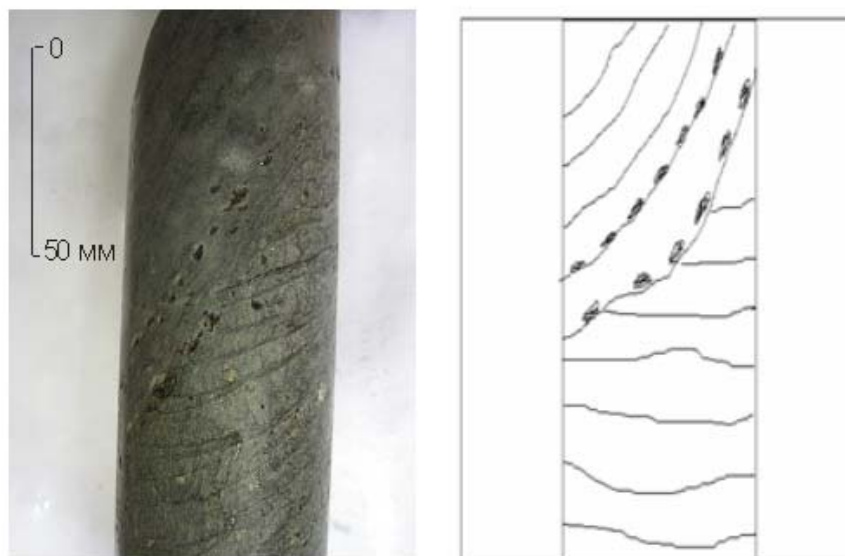


Рис. 3. Реликтовая косая слоистость в обломках и линзах метапесчаников и ее схема

При сравнении хромшпинелидов участка Палеодолинный с хромшпинелидами Приполярного Урала и Тимана оказалось, что по химическому составу они сходны с хромшпинелидами из тиманских конглобрекций с проявлениями алмазов и золота Ичетью и из терригенных пород алькесвожской свиты [Макеев и др., 1999 и 2005]. Кроме того породы сходны между собой по минеральному составу шлиха, в который входят минералы титана – ильменорутил, рутил, и редкометальные минералы – циркон и монацит. Совместное нахождение хромшпинелида с цирконом, торитом, ильменорутилом, рутилом свидетельствует о том, что до эпохи метаморфизма на изученной территории были развиты осадочные породы с повышенными концентрациями разнородных тяжелых акцессорных минералов.

Дислокационно – метасоматический подкомплекс (звено) характеризуется наиболее интенсивными преобразованиями исходных пород и тяготеет к нижней части метаморфогенного тольинского комплекса. Он включает обломки измененных гранитоидов (рис. 4), милониты кварц-полевошпат-слюдистого состава, приразломные кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты. Породы этого подкомплекса испытали бластез и в них в наибольшей степени развита редкометально-уран-ториевая минерализация.



Рис. 4. Брекчии гранитоидов, погруженные в кварц-полевошпат-слюдистую массу

Примечательно, что по данным М.В.Фишмана, Б.А. Голдина и др. [1966] подобные породы (брекчии и милониты) наблюдаются вдоль западного обрамления массива Мань-Хамбо и вокруг некоторых массивов Ляпинского антиклинория.

Породы основания подкомплекса представлены крупноглыбовыми бластокластическими брекчиями метагранитоидов. Размеры обломков варьируют от мелких обломков до глыб размером свыше 1 м. Форма обломков часто бывает округлой в результате их интенсивных перемещений в процессе динамометаморфизма, когда угловатые края начинают сглаживаться и выглядят как «окатанные». Обломки, как правило, не соприкасаются между собой и находятся в кварц-микроклин-слюдистом цементе. Среди этой массы развиты

кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты, образовавшиеся при воздействии на исходные породы метаморфических флюидов и растворов сложного состава. При одностороннем (стрессовом) давлении, развитии катаклаза, пластического течения пород усиливается их проницаемость для этих флюидов [Удуратина, 1996], особенно в зонах сочленения разных по составу и физическим свойствам, каковыми являются гранитоиды Мань-Хамбо и вмещающие их осадочные образования. В этой пограничной зоне под действием ориентированного стресса происходит уплотнение вещества, повышение температуры, создается избыточное гидродинамическое давление в поровых и внутрипородных растворах.

Прямая зависимость возрастания растворимости кремнезема, природных силикатов в водных растворах под действием ориентированного давления объяснена в своих работах Куцевым Ю.С. [1988]. Это явление объясняет повышенную агрессивность водных растворов в условиях стресса и допускает миграцию растворенных минеральных компонентов, в том числе рудных. В результате перемещения обогащенных кремнеземом поровых растворов в межзерновом пространстве происходит регенерация и образование минералов, а также перераспределение химических элементов. Таким образом, объясняются условия для активизации гидротермально-метасоматических процессов, которые развивались вдоль сланцеватости пород и по границе пород с разными физическими свойствами, где возникали зоны повышенной проницаемости для летучих и подвижных компонентов. В результате возникают новообразованные кварц, калиевый полевой шпат, альбит, светлые слюды (мусковит и циннвальдит), флюорит. К цементу дислокационно-метасоматического подкомплекса приурочена вкрапленная и прожилково-вкрапленная редкометально-уран-ториевая минерализация, включающая циркон, ураноторит, алланит, монацит, ильменорутил, рутил, реже встречаются браннерит, коффинит, урановые титано-ниобаты, броккит, ксенотим, а также другие минералы, представленные сульфидами меди, железа, мышьяка, гематитом, магнетитом, титаномагнетитом и др.

Второе защищаемое положение.

Формирование рудной минерализации происходило в три этапа: 1 – накопление полезных минералов в виде россыпи (урансодержащий торит, монацит, циркон, ильменорутил); 2 – перераспределение рудных компонентов в процессе динамометаморфизма (торий, редкие земли, уран, иттрий); 3 – основное концентрирование оруденения в результате гидротермальной деятельности по опережающим главный продольный надвиг сдвигам ССВ простираения.

Проведенные в 2007 г. аэрогаммаспектрометрическая и аэромагнитная съемки масштаба 1:10 000 [Пахомов, 2006ф] дополнительно к ранее известным радиоактивным аномалиям выявили ещё 42 аномалии, из которых 20 аномалий приурочены к метаморфогенному тольинскому комплексу и вмещающим осадочным породам, а другие 22 аномалии связаны с метагранитоидами

массива Мань-Хамбо, представляющими собой сохранившиеся после эрозии фрагменты тольинского комплекса.

На Верхнетольинской площади зона Мань-Хамбо с редкометально-ураноториевым оруденением протягивается на 14,7 км и далее к югу [Латыпов, 1963ф; Щербин и др., 1965ф, 1967ф]. Подобная редкометальная минерализация с повышенным содержанием урана и тория была выявлена в районе р. Ыджид-Ляги (80 км к югу от Мань-Хамбо) [Ослоповских, 1970; Удоратина, 2007]. В пределах изучаемой площади выделяются три участка, отличающиеся особенностями геологического строения: Турман Южный, Турман Центральный и Палеодолинный.

Участок Турман Южный находится в юго-восточной части Верхнетольинской площади и имеет протяженность 2,5 км. Рудная зона прослежена в субмеридиональном направлении и имеет мощность 20 – 40 м при почти моноклином падении на восток под углами 70-80°. Все зоны повышенной радиоактивности имеют субпластовую, линзообразную форму и приурочены, в основном, к конглобрекциям метагранитоидов. Распределение радиоактивных минералов – тонковкрапленное, иногда тонкопрожилковое.

Участок Турман Центральный располагается в северо-восточной части изучаемой площади и имеет протяженность 8,0 км. Он характеризуется развитием серии север-северо-восточных субмеридиональных тектонических нарушений, разбивающих рудовмещающую толщу на ряд ступенчатых блоков. Для этих структур характерна увеличенная до 200 – 250 м мощность пород тольинского комплекса. Их протяженность составляет 1,5 – 2,0 км в субмеридиональном направлении. Породы имеют относительно пологое северо-восточное падение под углами 20 – 50°. Часто они пересечены тектоническими нарушениями, вдоль которых развиты новообразованный кварц, мусковит, калиевый полевой шпат, сопровождаемые проявлениями радиоактивной минерализации. В таких участках рудных тел, где проявлены процессы наложенных гидротермально-метасоматических изменений, отношение тория к урану уменьшается и находится в пределах 0,05 – 0,6 до 2,5, а содержание урана изменяется от 0,012 до 0,064% при содержании тория от 0,003 – 0,006% до 0,065%.

Участок Палеодолинный находится в северной части Верхнетольинской площади и имеет протяженность около 7,0 км. В его пределах рудовмещающие породы имеют субширотное простирание при пологом (10 – 20° до 40 – 45°) их падении на север. На поверхности они маркируются зонами повышенной радиоактивности и представлены делювиально-элювиальными развалами обломочных пород, расположенных вдоль контакта с метагранитоидами.

Согласно данным спектрометрических исследований (АГСМ, каротаж) и лабораторных анализов (РСА), среднее значение Th-U отношения для массива Мань-Хамбо составляет в среднем 3,7, однако для изучаемых пород Th-U отношение ведет себя по-разному. Первая тенденция – Th/U > 3 (3 – 34) выявлена в 76 % анализов, характеризующаяся прямой связью урана и тория. Вероятно, что весь уран входил в радиоактивные минералы (ураноторит, эвксенит и др.). Всего четверть изучаемых проб имеет Th/U < 3 и образуют

другую тенденцию, здесь корреляция урана с торием практически не обнаружена, и уран образует собственные минералы в участках наложенной гидротермальной переработки.

Кроме изученных участков в западной и в центральной частях массива Мань-Хамбо развиты рудопроявления урана Отверженное и Щугорское II [Лучинин, 1975]. Анализ фондовых материалов по этим объектам позволяет предположить, что генетически они тоже связаны с дислокационно-метасоматическим звеном тольинского комплекса, подвергшимся большей эрозии и пространственно совместившимся с очагом гидротермальных растворов.

Седиментогенный этап. Существенно кварцевый состав псаммитов средне-верхнерифейской хобеинской свиты, широко развитой на Центрально-Уральском поднятии, свидетельствует о былом существовании в главной питающей области - на смежной окраине Восточно-Европейской платформы - коры химического выветривания, за счет размыва которой и сформировались хобеинская свита и её стратиграфический и формационный аналог – зигальгинская свита Южного Урала. В западных приплатформенных разрезах обеих свит преобладают континентальные фации, в восточных (в том числе в районе исследований) – дельтовые и прибрежно-морские. Общий перенос высокозрелого галечно-песчаного материала в восточном направлении осложнялся местными питающими источниками. В районе исследований такую роль играло поднятие Мань-Хамбо с одноименным гранитоидным массивом в окружении метаморфических пород рамы – нижнерифейской щокурьинской свиты и предполагаемых кристаллических пород карельского (?) фундамента. В пределах массива существовали к тому времени минерализованные зоны – источники минералов редких металлов, урана и тория. В качестве кластогенных (россыпных) компонентов они концентрировались сначала в коре выветривания на метагранитах, а при её размыве переотлагались в валунно-галечные пласты и линзы (палеорусла) дельтовых и прибрежно-морских фаций базальной части хобеинской свиты. Таким образом, продукты размыва коры выветривания минерализованных гранитоидов и метаморфических пород рамы явились исходным материалом для формирования рудовмещающей толщи.

Графики нормирования содержания редких земель в гранитоидах и рудовмещающих породах по хондриту [Войткевич, 1980] имеют идентичный облик с четко выраженным V-образным минимумом Eu (рис. 5). При этом поведение редких земель в гранитоидах Мань-Хамбо характеризуется менее значительным снижением концентраций от легких (La, Ce) до тяжелых (Er, Tm, Yb, Lu) элементов, чем в рудовмещающих породах. Такое распределение редкоземельных элементов и значения европиевого минимума свидетельствует о наиболее вероятном развитии рудовмещающих пород по гранитоидам и, возможно, наследования ими первичного состава самих гранитов, в т.ч. рудных минералов.

Согласно расчетам гидролизатного модуля $GM = (Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO) / SiO_2$ его значения редко были больше 0,40, что обычно отражает наличие в осадочных породах либо глиноземистых

(каолинит), либо железистых (гидроксиды Fe) минералов, т.е. такие породы генетически связаны с гидролизатами, являющимися продуктами древних докембрийских кор выветривания [Юдович, 1981, 1997]. Также для некоторой части пород значения титанового модуля $TM=TiO_2/Al_2O_3$ достигали высоких величин (0,3), указывающих на накопление тяжелых акцессорных минералов титана, в основном рутила и ильменорутила, в грубых фракциях коры выветривания. Судя по тому, что в ильменорутилах содержатся разнородные элементы-примеси (олово, тантал, ванадий), вероятно, источником сноса для них и возможно некоторых других минералов могли служить как кислые, так и щелочные и основные породы [Типоморфизм минералов, 1989].

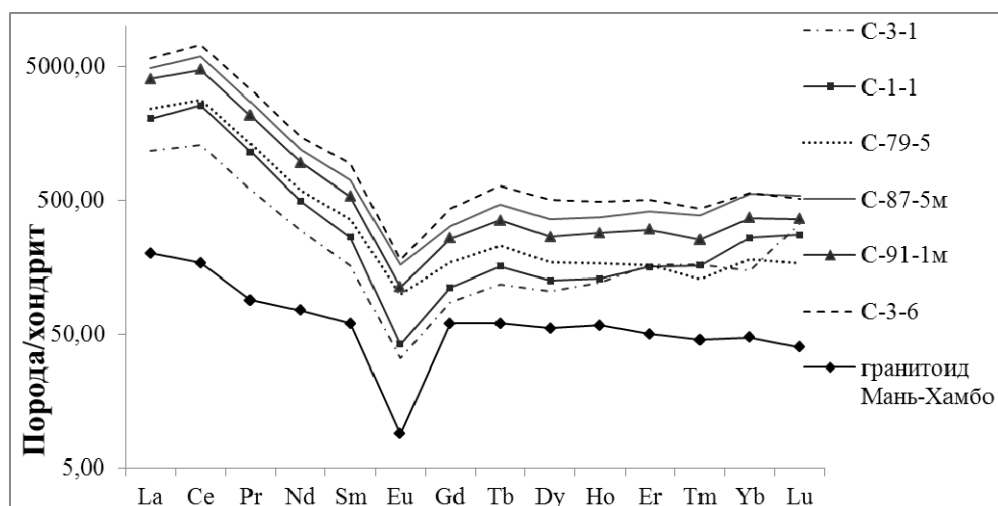


Рис. 5. Спектры распределения редкоземельных элементов, нормированных по хондриту [Войткевич, 1980] в рудоперспективной толще и гранитоидах Мань-Хамбо

В повышенных количествах накапливался также торит, представленный метамиктной разновидностью. Одной из основных причин его метамиктного состояния, на наш взгляд, является высокое содержание в нем урана. В результате окисления U^{4+} в U^{6+} и образования комплексного иона $(UO_2)^{2+}$ с большим ионным радиусом кристаллическая структура исходного минерала разрушается [Сидоренко, 1978]. В то же время, как показали исследования торита с низким содержанием $U < 1\%$ из субщелочных редкометальных метасоматитов Восточной Сибири [Нечелюстов и др., 1986], даже сильно измененные разности этого минерала показывают достаточно четкую дифракционную картину. Наличие иона U^{6+} было зафиксировано в спектрах люминесценции торита из зоны Мань-Хамбо, что вызывает характерное для него ярко-зеленое свечение (рис. 6).

Торит лишь изредка сохраняет тетрагональную форму, так как подвержен процессам интенсивного разложения, из-за чего морфология его выделений имеет реликтовый характер. На участках Турман Южный и Палеодолинный распространен урансодержащий торит, в котором содержание урана варьирует от 2,3 до 15,7 % при среднем содержании - 6,5 % (по 62 определениям). На участке Турман Центральный содержание урана в торите ниже, чем на участках Турман Южный и Палеодолинный, и колеблется от 2,04 до 5,8 % при среднем содержании - 3,2 % (по 26 определениям).

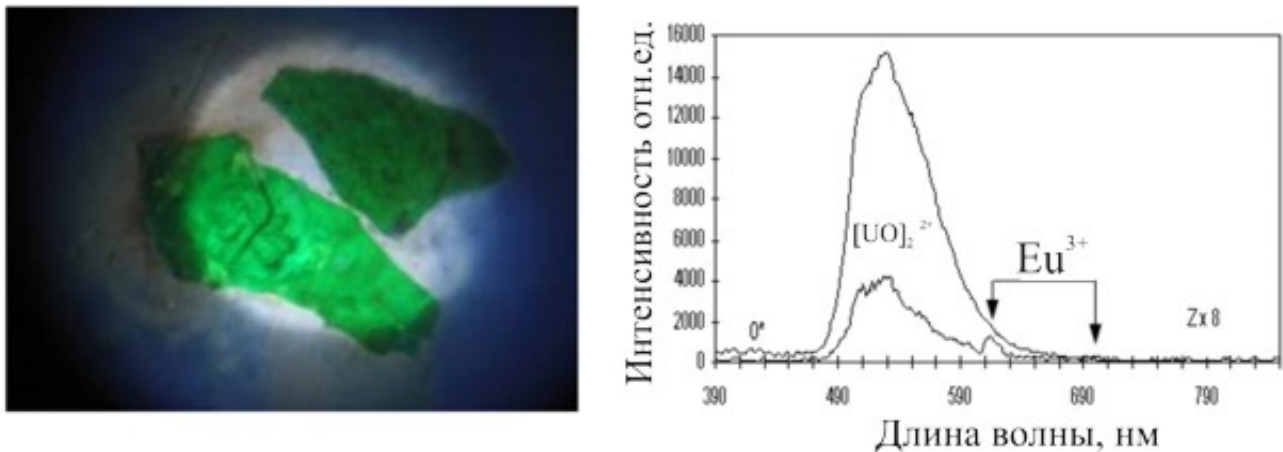


Рис. 6. Ярко-зеленое свечение урансодержащих торитов (слева) при возбуждении лучом лазера на молекулярном азоте и их спектры люминесценции (справа).

Участок Турман Южный

Иногда встречается торит, который представлен микровключениями в цирконе, заблокированный от воздействия окислительных процессов. Он обычно содержит повышенное количество урана (7-10 иногда до 15 %). Количество этого торита в цирконе может составлять первые проценты, иногда более, но в балансе распределения урана и тория его значение невелико [Павлова и др., 2011].

Кроме редкометальной и радиоактивной минерализации в этот этап накапливались магнетит, титаномагнетит, в меньшей степени ильменит.

Метаморфогенный этап. В ходе дальнейшего тектонического развития региона, скорее всего на этапе завершающих складчато-надвиговых деформаций, в зоне продольного надвига западной вергентности, разделяющего метаграниты массива Мань-Хамбо и перекрывающие их отложения хобеинской свиты с первично россыпными минералами редких металлов урана и тория, возникли мощные напряжения и связанный с этим дислокационный метаморфизм, который привел к образованию метаморфогенного тольинского комплекса. При его формировании под воздействием ориентированного давления произошло повышение температуры, что мобилизовало растворы различного происхождения. В результате перемещения этих растворов в межзерновом пространстве происходила перекристаллизация минералов и переотложение многих компонентов, в том числе редких и радиоактивных элементов. Часть редкоземельных минералов разложилась и трансформировалась в силикаты, так, например, происходит замещение монацита и образование редкоземельного алланита и апатита. При этом соотношение лантаноидов (La/Ce) в монаците и новообразованном алланите совпадает. В местах обогащения урансодержащего торита происходит его замещение ториевым алланитом, что приводит к выносу урана из торита. Вероятно, торий, вынесенный из урансодержащего торита, мог замещать редкоземельные элементы в алланите полностью, а уран перераспределялся в эвксенит, который содержит повышенное количество урана. В единичных случаях в пределах участка Палеодолинный наблюдалось замещение краевых частей редкоземельного алланита ториевым алланитом.

Вероятно, вынесенный при этом церий обособляется совместно с ураном в гидроцерите, образующим микропрожилки в кварце.

Циркон представлен несколькими генерациями. Первая - метамиктная, более древняя из метагранитоидов, встречающаяся очень редко и накопившаяся на россыпном этапе, и вторая – новообразованная, развивающаяся по первой разновидности в виде идиоморфных кристаллов.

Эвксенит главным образом формируется на этом же этапе и представлен двумя разновидностями. Первая, в составе которой уран содержится в небольшом количестве (до 4 %), накапливалась в результате разрушения гранитоидов. Вероятно, в условиях метаморфизма эвксенит-I подвергся различного рода замещениям или полному разложению. Другая разновидность пользуется большим распространением и характеризуется повышенным содержанием урана (от 4 – 15 %). Этот эвксенит-II сформировался в основную стадию метаморфогенного этапа в условиях частичного привноса иттрия.

На участке Палеодолинный изначально в условиях мелководного морского бассейна происходило формирование отложений, обогащенных фосфором и кальцием. Последующие процессы метаморфизма вызвали повышение активности этих компонентов, что привело к замещению урансодержащего торита броккитом, который образует псевдоморфозы в виде обособлений неправильной формы, сильно корродированных кварцем в краевых частях. В результате замещения кремния фосфором с попутным привносом кальция происходит вынос урана изначально входившего в состав торита.

Схему преобразования главных минералов во второй этап можно представить в следующем виде: монацит + урансодержащий торит + ильменорутит + эпидот + сфен → редкоземельный алланит по монациту + ториевый алланит по ураноториту + эвксенит-I в ильменорутите + апатит (фтор – апатит) + кварц-рутиловая ассоциация → редкоземельный алланит + ториевый алланит + эвксенит-II по кварц-рутиловой ассоциации. Преобразование железосодержащих минералов привело к появлению гематита, пирита, гетита, халькопирита.

Третье защищаемое положение. В гидротермальный этап происходило наиболее интенсивное преобразование радиоактивных и редкометалльных минералов с выщелачиванием из них урана, который затем образовывал новые, в том числе собственные минеральные формы - браннерит, коффинит, урано-титано-ниобаты, ассоциирующие с реликтовыми титансодержащими и новообразованными сульфидными минералами.

С дальнейшей тектонической активизацией территории, вероятно в герцинский этап, связано проявление гидротермально-метасоматических процессов, в результате чего развились разнообразные кварцевые, кварц-флюоритовые, кварц-карбонатные и другие прожилки, секущие ранее образованные породы. Эти процессы наиболее отчетливо фиксируются на участке Турман Центральный и к северо-западу от участка Палеодолинный. На участке Турман Южный они проявились в меньшем масштабе, так как рудовмещающая толща здесь имеет минимальную мощность и крутое падение. В результате развития метасоматических процессов в подошве

метаморфогенного тольинского комплекса вдоль тектонических нарушений образовались рудные интервалы с Th-U отношением менее 3, при среднем Th-U отношении на всей площади около 7-9. Это происходит благодаря выносу урана и частично тория при замещении урансодержащего торита (рис. 7, табл. 1) с последующим переотложением этих элементов в виде новых минеральных форм. Так, например, некоторое количество урана концентрируется в эвксените, который часто замещает торит (рис. 8).

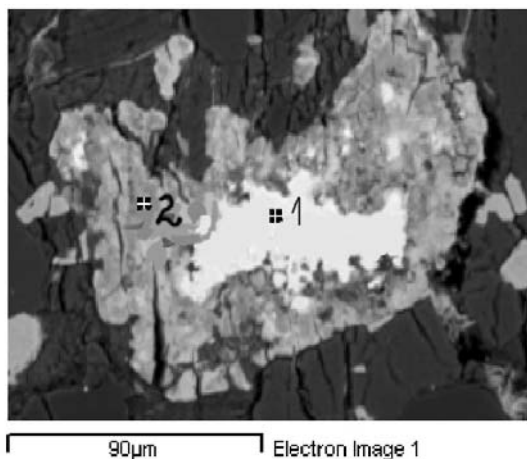


Рис. 7. Реликты торита (1) среди аморфной массы продуктов его разложения (2), темно-серое – кварц. Участок Турман Центральный

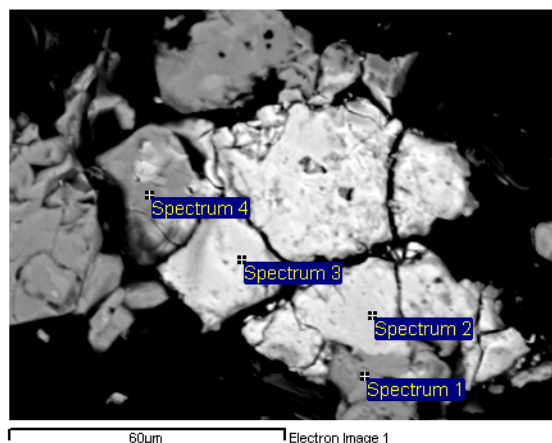


Рис. 8. Замещение торита (белое) (2,3) эвксенитом (серое) (1,4), черное – кварц. Участок Турман Центральный

Таблица 1

Содержания основных химических элементов в торите (1) и продуктах его разложения (2)

Спектр	Nb	Ti	Si	Ca	Th	U	O	Y	P	(Th/Si) _{at}
1			6,73	0,77	64,42	3,79	18,44	3,79	1,04	1,22
2	3,05	2,38	6,93	0,69	56,13	0,02	17,70		0,59	0,97

Местами на участке Турман Центральный встречается Y-содержащий торит, характеризующийся сложным химическим составом с повышенными содержаниями фосфора (от 0,3 до 6,5 %) и иттрия (от 0,6 до 8,74 %). Состав лантаноидов в иттрий-содержащем торите характеризуется иттербиевым максимумом при повышенном содержании диспрозия. Замещение четырехвалентного тория трехвалентными катионами редких земель требует компенсации зарядов, которая может осуществляться вхождением фосфора по схеме: $Y^{3+} P^{5+} \rightarrow Th^{4+} Si^{4+}$

В интервалах с существенно урановой природой радиоактивности рудные минералы представлены браннеритом, коффинитом и некоторыми урансодержащими титано-ниобатами.

Браннерит представлен обособлениями неправильной формы размером до 0,05 мм или микропрожилками, которые находятся в основной массе, заполненной мусковитом, калиевым полевым шпатом и кварцем. Иногда в кварц-полевошпат-слюдистой массе мусковит-циннвальдитового состава, в межзерновом пространстве кварцевого агрегата наблюдались микропрожилки (рис. 9), состоящие из собственно уранового минерала (среднее содержание урана 36%) с титаном (5,72 %), ниобием (8,3 %) и железом (5,5 %). Условно он назван ниобийсодержащей разновидностью браннерита.

В кварц-калишпатовой матрице был отмечен кристалл колумбита, который пересечен микротрещинами, заполненными урансодержащим (среднее содержание урана 37,4 %) минералом, обогащенным ниобием (среднее 12,1 %) (рис. 10). Его образование, вероятно, происходит за счет взаимодействия урансодержащих растворов с колумбитом.

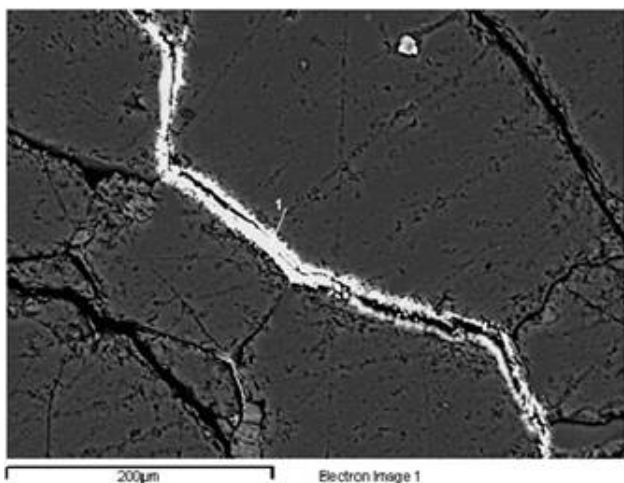


Рис. 9. Микропрожилок браннерита (1) в межзерновом пространстве кварца

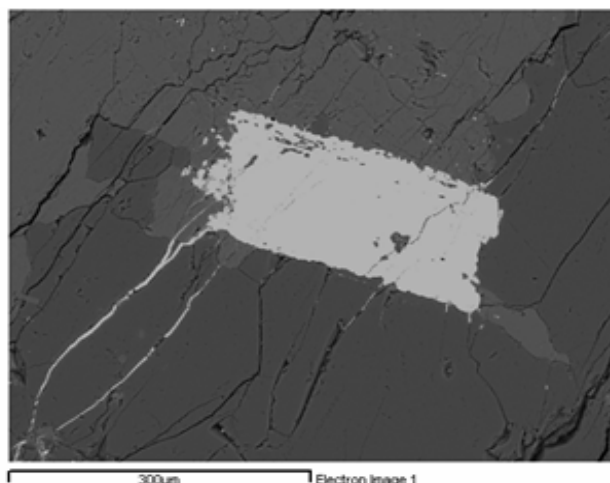


Рис. 10. Кристалл колумбита, от которого отходят микропрожилки уранового минерала

Кроме вышеназванных урановых минералов на этом же участке был установлен минерал с химическим составом, близким к коффиниту. Он образует микропрожилки и находится в сростании с пиритом и арсенопиритом, заполняя промежутки между этими минералами (рис. 11). Коффинит слагает слабораскристаллизованную массу, насыщенную неравномерно распределенными в ней включениями кварца и сульфидов. Содержание U в коффините составляет 45,4-53,1 %, при среднем значении 49,1 %. Во всех анализах установлены повышенные концентрации свинца (среднее 6,2 %) и иттрия (среднее 4,1 %), что является особенностью химического состава коффинита из этих руд. Вероятно, коффинит образуется на поздней стадии гидротермально-метасоматического этапа в результате выщелачивания урана из ранее существовавших радиоактивных минералов.

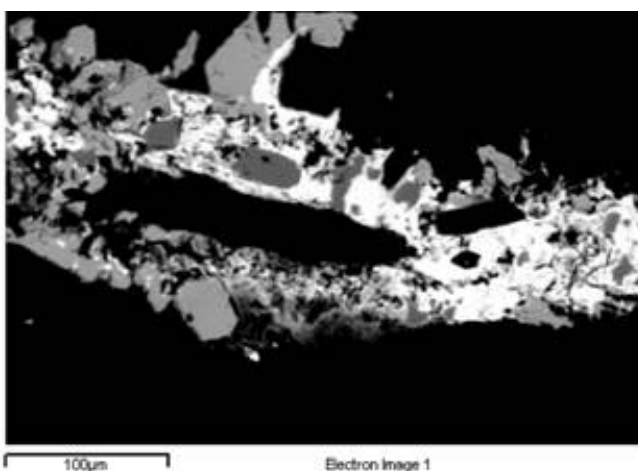


Рис. 11. Микропрожилок, выполненный коффинитом (белое), арсенопиритом (светло-серое) и пиритом (серое), черное-кварц

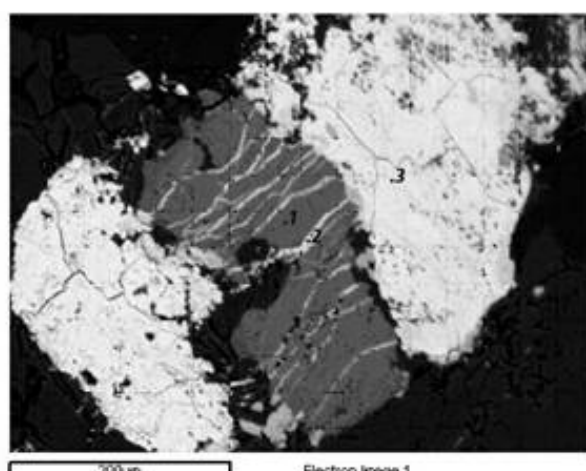


Рис. 12. Микропрожилки урановых минералов (2) в ильменорутиле (1)

В результате изучения урановой минерализации выявлено, что она в большинстве случаев развита только на участке Турман Центральный в виде тонких микропрожилков, наблюдаемых в цементе пород метаморфогенного тольинского комплекса, в межзерновом пространстве кварцевых зерен, между сульфидами меди, железа и мышьяка и тонких микропрожилков, пересекающих ильменорутил (рис. 12). При люминесцентном исследовании урансодержащих микропрожилков в ильменорутиле не зафиксировано ярко-зеленое свечение и характеристические спектры уранильного комплексного иона $(\text{UO}_2)^{2+}$, что может быть связано с восстановлением U^{6+} до U^{4+} .

К северо-западу от участка Палеодолиный в породах появляются прожилки гидроцерита с небольшим количеством урана и тория. Вероятно, в этот этап происходил вынос части церия из ранее образованных редкоземельных фосфатов (монацита, рабдофанита), где в условиях окислительной обстановки Ce^{3+} переходил в подвижную форму Ce^{4+} , и происходило его переотложение в форме гидроцерита и гидроцериянита и карбоната церия – бастнезита, который совместно с фторидами и карбонатами редких земель замещает редкоземельный алланит. Ториевый алланит начинает гидратироваться по периферии и его состав приближается к торостенструпину. Процесс сопровождается выносом Al и Ca. Также происходит гидратация и разложение эвксенита с частичным выносом иттрия, ниобия, тория, тантала и урана.

Кроме этого в зальбандах кварцевых жил концентрируются рудные минералы: гематит, сульфиды (пирит, в меньших количествах борнит, халькозин, арсенопирит, молибденит, редко аргентит, прустит, ковеллин) и карбонаты (малахит и азурит). Минералы образуют вкрапленность вдоль мелких трещин, в основном совпадающих со сланцеватостью пород.

На основе проведенных исследований диссертантом разработаны разноранговые геолого-поисковые модели (табл. 2), включающие следующие основные рудно-металлогенические таксоны: провинции, зоны, районы, поля и месторождения. На уровне месторождения модель помогает увидеть (структурный критерий), что участки совпадения редкометалльно-уран-ториевых зон с очагами проявления поздних гидротермальных процессов представляются наиболее перспективными для выявления возможных месторождений. Такими благоприятными участками, с большей долей вероятности, являются зоны, расположенные северо-восточнее участка Турман Центральный вдоль тектонических нарушений до пересечения их с породами основного и ультраосновного состава, о чем дополнительно свидетельствуют развитые вдоль основных пород аномалии с урановой природой радиоактивности. Эти участки следует считать наиболее перспективными и рекомендовать на них первоочередные поисковые работы.

Таблица 2

Геолого-поисковая модель редкометально-уран-ториевых объектов в Приполярно-Уральском секторе Уральской складчатой системы

Рудно-металлогенические категории	Критерии и признаки							
	Структурный	Магматический	Дислокационно-метаморфический	Гидротермально-метасоматический	Геофизический	Стратиграфический	Литолого-фациальный	Минералого-геохимический
Провинции	Сближенность разновозрастных складчатых систем							Редкометально-урановые геохимические аномалии и рудопроявления
Зоны	Ляпинский антиклинорий Приполярно-Уральского сегмента					Рифейско-вендский комплекс доуралид (байкальское складчатое основание)		
Районы	Южная часть Ляпинского антиклинория, рассеченная региональным разломом меридионального простираения	Мета-гранитоиды Мань-Хамбо	Брекчии и милониты по гранитоидам, песчаникам и конгломератам	Метасоматиты кварц-полевошпатовые; кварц-флюоритовые, кварц-карбонатные, кварц-микроклиновые кварц-полиметаллические жилы		Средний - поздний рифей (нижняя подсвита хобеинской свиты)	Прибрежно-морские терригенные фации, дельтовые	Редкометально-уран-ториевая минерализация в метагранитоидах
Поля	Зона регионального разлома вдоль восточного контакта массива метагранитов				Аэрогамма- и наземные аномалии урана и тория, контрастное магнитное поле	Налегание хобеинской свиты на метагранитоиды массива Мань-Хамбо	Гравийно-галечные пляжевые субфации	Главные минералы: ураноторит, ильменорутит, монацит, эвксенит. Второстепенные: алланит, брокит, браннерит, коффинит
Месторождения	Серия параллельных сдвигов СВ простираения, оперяющих региональный разлом						Собственно базальный конгломерат	Средние содержания в рудах урана 0,01-0,06%, тория 0,1-0,3%, геохимические аномалии серебра и меди, попутные компоненты: иттрий, ниобий, цирконий. Переменное Th-U отношение. Аномальные содержания урана в воде

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. В участках сопряжения гранитоидов массива Мань-Хамбо и трансгрессивно перекрывшей их грубообломочной базальной пачки средне-верхнерифейской хобеинской свиты под воздействием динамометаморфизма и гидротермально-метасоматических процессов произошло образование протяженной зоны измененных пород, состоящей из обломков разнородных групп. Она размещена во фронтальной части субмеридионально вытянутого надвига западной vergentности, примерно совпавшего с поверхностью регионального предсреднерифейского несогласия, и обрезавшего с востока гранитоидный массив Мань-Хамбо.

2. В номенклатурном отношении эта зона выделена под названием метаморфогенного тольинского комплекса, а в металлогеническом – рудная зона Мань-Хамбо. Этот комплекс имеет двучленное строение и подразделяется на нижнее и верхнее звено, где в различной степени проявлены дислокационные и гидротермально-метасоматические изменения пород.

3. В результате многоэтапных процессов в этом комплексе сформировался оригинальный редкометально-уран-ториевый тип оруденения. Он соединяет в себе черты сходства с различными рудно-формационными типами месторождений урана, тория и редких металлов.

4. Формированию такого типа оруденения предшествовали рудоподготовительные процессы: образования предсреднерифейской коры химического выветривания и древнего россыпеобразования с первоначальным накоплением радиоактивных и редкометальных компонентов сначала в коре выветривания, а затем в формирующейся за счет ее размыва грубообломочной базальной пачке средне-верхнерифейской хобеинской конгломерат-кварцитовый свиты.

5. Рудоформирующими являлись процессы гидротермальных и метасоматических преобразований, в результате которых происходил либо частичный, либо полный вынос полезных элементов и переотложение на благоприятных геохимических барьерах, в первую очередь урана, а также иттрия.

6. Разломы северо-восточного простирания, будучи оперяющими сдвигами по отношению к субмеридионально вытянутому надвигу, являются структурами, вдоль которых формируется минерализация с урановой природой радиоактивности. С учетом этого поискового признака оконтурены первоочередные участки для дальнейшего изучения с целью выявления более богатого оруденения.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Павлова, А. А.** Особенности пород восточной части гранитного массива Мань-Хамбо (Приполярный Урал) [Электронный ресурс] / А. А. Павлова // Сборник тезисов V Сибирской конференции молодых учёных по наукам о Земле. – Новосибирск, 2010. – Режим доступа : [http : // sibconf.igm.nsc.ru/sbornik_2010/02_petrology/546.pdf](http://sibconf.igm.nsc.ru/sbornik_2010/02_petrology/546.pdf).

2. **Павлова, А. А.** Редкометалльно-уран-ториевое оруденение в восточной части гранитного массива Мань-Хамбо (Приполярный Урал) / А. А. Павлова // Наука и новейшие технологии при поисках, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых : материалы VI международной научно-практической конференции. – М.: РГГРУ, 2010. – С.101.

3. **Павлова, А. А.** Характеристика рудно-формационного типа редкоземельно-уран-ториевого оруденения восточной части массива Мань-Хамбо [Электронный ресурс] / А. А. Павлова // Сборник тезисов V Сибирской конференции молодых учёных по наукам о Земле. – Новосибирск, 2010. – Режим доступа : http://sibconf.igm.nsc.ru/sbornik_2010/04_metallogeny/688.pdf.

4. **Павлова, А. А.** Геологическое строение рудной зоны Мань-Хамбо (Приполярный Урал) / А. А. Павлова // Комплексное изучение и оценка месторождений твердых полезных ископаемых : тезисы докладов III науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – М.: ФГУП «ВИМС», 2011. – С. 77 – 79.

5. **Павлова, А. А.** Метаморфогенная стадия образования редкометалльных и радиоактивных минералов в рудной зоне Мань-Хамбо / А. А. Павлова // Новые идеи в науках о Земле : доклады X Международной конференции. – М.: РГГРУ, 2011. – Т.1. – С. 128.

6. **Павлова, А. А.** Ториевая и урановая минерализация в породах восточного контакта гранитного массива Мань-Хамбо и условия ее формирования / А. А. Павлова, Г. Н. Нечелюстов, В. В. Рябцев // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 4. – С. 57 – 63.

7. **Павлова, А. А.** Формационно-морфологические типы урановых рудопроявлений на Приполярном и Полярном Урале / А. А. Павлова // Новые идеи в науках о Земле : доклады X Международной конференции. – М.: РГГРУ, 2011. – Т.1. – С. 222.

8. **Павлова, А. А.** Цинковые хромшпинелиды в осадочно-терригенных породах участка Палеодолинный северо-восточного контакта гранитного массива Мань-Хамбо (Приполярный Урал) / А. А. Павлова // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 1. – С. 25 – 28.