

На правах рукописи

Никитина Екатерина Сергеевна

**ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ
УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПАЛЕОДОЛИННОГО
(БАЗАЛЬНОГО) ТИПА НА АМАЛАТСКОМ ПЛАТО**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук



Москва – 2014

Работа выполнена на кафедре геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых геологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова и в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья имени Н.М. Федоровского»

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Авдонин Виктор Васильевич

Официальные оппоненты: Игнатов Петр Алексеевич доктор геолого-минералогических наук, профессор МГРИ-РГГРУ им. С.Орджоникидзе

Амплиева Елена Евгеньевна кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник ИГЕМ РАН

Ведущая организация: ОАО «Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии» (ОАО «ВНИИХТ»)

Защита состоится 7 февраля 2014 года в 14-30 часов на заседании диссертационного совета Д 501.001.62 при Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, корпус «А», геологический факультет, аудитория 415.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале отдела диссертаций Фундаментальной библиотеки (Ломоносовский проспект, 27, сектор А, 8 этаж, к. 812.)

Автореферат разослан 27 декабря 2013 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор геолого-минералогических наук



Н.Г. Зиновьева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время в мире отсутствует реальная альтернатива атомной энергетике, несмотря на технические трудности, связанные с освоением урановых месторождений, а также возможные аварийные ситуации на АЭС. Никакие «возобновляемые» источники энергии – солнечная, ветровая и даже гидроэнергетика – не способны существовать как основные источники энергии в режимах постоянной устойчивой нагрузки.

На сегодняшний день перед страной стоят серьезные проблемы обеспечения ураном действующих и строящихся АЭС из-за быстрого истощения складских запасов и отсутствия достаточного количества подготовленных для рентабельного освоения месторождений природного урана. В связи с этим, в современных экономических условиях крайне важна задача поисков новых и разведки ранее открытых месторождений, рентабельных для освоения, в регионах Восточной Сибири.

Так, палеодолинные «базальные» месторождения урана, относящиеся к песчаниковому типу, на долю которых приходится 26% мировых запасов урана (по классификации МАГАТЭ), не требуют крупных капиталовложений для освоения и при этом их отработка прогрессивным способом подземного выщелачивания является относительно экологически чистой.

Объекты палеодолинного «базального» типа существенно отличаются от более полно изученных пластово-эпигенетических месторождений урана (Притяньшаньская мегапровинция, штат Вайоминг и плато Колорадо в США), в связи с чем актуальны задачи целенаправленного исследования этого типа месторождений для успешного прогнозирования, поисков и оценки.

Урановые месторождения, рассматриваемые в диссертации, расположены в Витимском урановорудном районе (Восточная Сибирь), ресурсный потенциал которого оценивается достаточно высоко.

Цель работы. Основной целью исследований является установление геологических факторов, определяющих условия локализации и формирование урановых руд на месторождениях палеодолинного «базального» типа.

Основные задачи работы

1. Изучить геологическое строение месторождений и их рудовмещающей толщи.
2. Выявить геологические условия формирования и локализации урановых руд.
3. Исследовать минеральный состав урановых руд.
4. Разработать геолого-генетическую модель рудообразования.

Фактический материал и личный вклад автора. Диссертационная работа основана на полевых и камеральных исследованиях автора в период с 2010 по 2013 гг. в составе группы ФГУП «ВИМС». Диссертант проводил полевые работы по договорам с БФ «Сосновгеология» ФГУП «Урангео» и ЗАО «РУСБУРМАШ» на 4 месторождениях – Кореткондинское, Намару,

Вершинное, Хиагдинское на Амалатском плато. В процессе работы автором задокументировано порядка 10000 пог. м керна, что сопровождалось отбором каменного материала для минералого-аналитических и оптико-минералогических исследований в лабораториях ФГУП «ВИМС». В результате изучено около 1200 шлифов, проанализировано различными методами (электронная микроскопия, микрозонд, рентгеноспектральный анализ, ICP MS и т.д.) около 2000 образцов. С использованием всех этих данных диссертантом были построены литолого-фациальные и литолого-геохимические разрезы, позволившие установить геолого-структурную позицию урановых месторождений и локализацию рудных тел в рудовмещающей осадочной толще. На основе этих разрезов, а также материалов прошлых лет исследований ГРП №130 Сосновского ПГО, автором были построены карты закономерностей локализации уранового оруденения в литолого-фациальных и литолого-геохимических зонах палеодолин месторождений Кореткондинское и Намару в масштабе 1:10 000.

Фактический материал и результаты исследований легли в основу плановых отчетов по каждому из вышеперечисленных месторождений на тему: «Изучение литолого-фациальных, литолого-геохимических особенностей локализации уранового оруденения, вещественный состав руд и рудовмещающих пород».

В процессе работы автором диссертации были обобщены данные опубликованных работ и фондовых материалов прошлых лет исследований ГРП №130 Сосновского ПГО и сотрудников ФГУП «ВИМС».

Методы исследования включали полевое геологическое картирование, документацию керна скважин, камеральную обработку собранного каменного материала, изучение фондовой и опубликованной литературы. В процессе составления геологических разрезов и карт решались вопросы стратиграфического расчленения разреза рудовмещающей осадочной толщи, его литолого-фациальное строение, а также геолого-структурное положение уранового оруденения. Камеральное изучение материала проводилось с целью минералого-петрографической, минералого-аналитической и др. характеристик рудной минерализации, а также минералого-петрографических особенностей вмещающих пород. Помимо традиционных оптических методов изучения урановой и сопутствующей минерализации в штуфах, прозрачных и прозрачно-полированных шлифах, использовался комплекс прецизионных методов исследований, выполненных в лабораториях ФГУП «ВИМС»: растровая и просвечивающая электронная микроскопия (РЭМ, ПЭМ), локально-лазерный анализ, рентгенографический анализ, метод микрорадиографии, рентгеноспектральный полуколичественный анализ (РСА) и ICP MS на 57 и 53 элемента, соответственно.

Основная часть работы была выполнена в компьютерной программе Microsoft Word, построение разрезов и карт проводилось в графическом редакторе Corel Draw. Кроме того, для статистической обработки данных широко использовались программы Statistica, Micromine и Microsoft Excel.

Научная новизна работы

1. Установлено, что для всех литологических разностей пород рудовмещающей вулканогенно-осадочной толщи с содержаниями урана менее 0,01% (условно «фоновые») характерны повышенные содержания S, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Fe₂O₃, U по сравнению с кларками (по А.П. Виноградову). В рудах, по сравнению с рудовмещающими породами, в 2-4 раза увеличиваются содержания S, Co, Ni, Cu, Zn, Y, Mo, количество U возрастает на порядок и более.

2. Установлено, что урановорудные залежи, контролируемые зонами грунтово-пластового окисления, формировались на стадии раннего диагенеза поровыми кислородными урансодержащими водами, проникавшими из сферы свободного водообмена со специализированным на уран фундаментом в водоносные горизонты горно-овражных отложений распадков. Оруденение локализовано в отложениях, обогащенных органическим веществом, в области пространственного совмещения окислительно-восстановительного, щелочно-кислотного, литологического и сорбционного барьеров. Рудообразование происходило до того, как район был полностью перекрыт плато-базальтами и прекратилось поступление кислородных вод.

3. Выявлено, что осаждение урана, привносимого кислородными грунтовыми водами на начальных этапах рудообразования, было обусловлено процессами сорбции на глине, пропитанной органическими кислотами. Коллоидная форма рудоносного раствора способствовала возникновению многокомпонентных урансодержащих гелей. Впервые показано, что в процессе насыщения сорбционной поверхности углеродсодержащей глины происходила последовательная кристаллизация урансодержащего вещества, приводившая к образованию кальциевого фосфата урана – нингиита, являющегося главной минеральной фазой урана на месторождениях.

4. В пределах рудной залежи установлены минеральные ассоциации, образованные в результате фумарольной деятельности и при внедрении восходящих по зонам разломов углекислых, иногда сероводородных вод. Поствулканические растворы переотлагали уран на незначительное расстояние внутри рудной залежи, резко обогащая им маломощные слои, содержащие монтмориллонит, образовавшийся в результате преобразования пепла, или насыщенные органо-сметитами и титанатами.

Практическая значимость. Полученные в процессе исследований минералого-геохимические и геолого-структурные данные по палеодолинным «базальным» месторождениям урана на Амалатском плато позволили определить условия формирования и закономерности локализации урановорудных объектов подобного типа. Эти данные наряду с использованием разработанной геолого-генетической модели рудообразования способствовали усовершенствованию методики поисков месторождений палеодолинного «базального» типа не только в регионах Восточной Сибири, но и в других потенциально урановорудных районах. Проведенные автором диссертации работы выявили пригодность месторождений для отработки прогрессивным и экономически выгодным способом скважинного подземного выщелачивания

(СПВ). Методика литолого-фациального картирования, предложенная и использовавшаяся автором, позволяет на ранней стадии геологоразведочных работ выделять и картировать горизонты осадочных пород, в которых может осуществляться отработка месторождений способом СПВ. Кроме того, научно-исследовательские и методические разработки автора использовались производственными организациями (ЗАО «РУСБУРМАШ» и БФ «Сосновгеология» ФГУП «Урангео») при геологоразведочных и поисковых работах.

Апробация работы и публикации. Основные положения работы и результаты исследований докладывались автором на Ученом совете ФГУП «ВИМС», а также были представлены на международных и региональных конференциях и совещаниях: XVIII, XIX, XX Международной молодежной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Москва, 2011, 2012, 2013 г.); XV Международном симпозиуме имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященном 110-летию со дня основания горно-геологического образования в Сибири (Томск, 2011 г.); III Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 125-летию со дня рождения первого директора ВИМСа Н.М.Федоровского «Комплексное изучение и оценка месторождений твердых полезных ископаемых» (Москва, 2011 г.); VIII молодежной научной школе «Металлогения древних и современных океанов-2012» (Миасс, 2012 г.); Российском совещании с международным участием «Диагностика вулканогенных продуктов в осадочных толщах» (Сыктывкар, 2012 г.); IV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых» (Москва, 2012 г.); III Международном симпозиуме по геологии урана «Уран: геология, ресурсы, производство» (Москва, 2013 г.).

По теме диссертации опубликовано 10 статей и тезисов, том числе 2 статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 139 наименований. Объем работы составляет 165 страниц, 115 иллюстраций, 3 таблиц и 13 приложений.

Благодарности. Автор выражает признательность своему научному руководителю д.г.-м.н. профессору В.В. Авдониному за научное курирование, постоянную поддержку и ценные советы, направленные на улучшение работы. За оказанное доверие и помощь в реализации работы автор особо благодарен заведующему кафедрой геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова д.г.-м.н. профессору В.И. Старостину, а также генеральному директору ФГУП «ВИМС», д.г.-м.н. профессору Г.А. Машковцеву. Огромную благодарность за содержательные консультации, советы и активное обсуждение работы в ходе ее подготовки автор выражает начальнику отдела экзогенных урановых месторождений ФГУП «ВИМС» к.г.-м.н. А.Д. Коноплеву. Большую роль в развитии автора как исследователя сыграли ведущие научные сотрудники ФГУП «ВИМС»: к.г.-м.н.

Г.А.Тарханова, к.г.-м.н. С.Д.Расулова. Неоценимую помощь в обработке геохимических данных методами статистического анализа оказал к.г.-м.н. ведущий научный сотрудник кафедры геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых Н.Н.Шатагин. Особую признательность автор выражает своим бессменным полевым коллегам А.В.Сащенко и Д.А.Прохорову, годы работы с которыми прошли в тесном творческом сотрудничестве. Полевые исследования на Амалатском плато осуществлялись совместно с сотрудниками ЗАО «РУСБУРМАШ» и БФ «Сосновгеология» ФГУП «Урангео», которым автор признателен за практическую помощь и содействие. Диссертант выражает глубокую признательность за помощь в изучении вещественного состава руд д.г.-м.н. главному научному сотруднику ФГУП «ВИМС» В.Т.Дубинчуку, к.г.-м.н. старшему научному сотруднику В.В.Ружицкому, к.г.-м.н. старшему научному сотруднику Н.И.Чистяковой и др., а также специалистам минералогического отдела, аналитического центра и лаборатории изотопных методов исследований ФГУП «ВИМС».

Защищаемые положения

1. На экзогенно-эпигенетических месторождениях палеодолинного «базального» типа Кореткондинское и Намару рудоподготовительным этапом являлся вынос урана из минералов-носителей (аксессуарных, темноцветных, рудных) и преобразование его в легкоподвижную форму в процессе формирования глинистой коры выветривания геохимически специализированных на уран гранитов, слагающих Байсыханское поднятие. Асимметричное строение этого поднятия обусловило V-образный поперечный профиль рудовмещающих палеораспадов (палеопритоки II порядка) крутого южного склона и корытообразный профиль палеоструктур северного более пологого склона.

2. Установлено, что на месторождениях северного склона – Кореткондинское и Намару рудовмещающая толща представлена проницаемыми делювиально-овражными отложениями вулканогенно-осадочной подсвиты джилдинской свиты. Выявлена группа моно- и поливалентных элементов, содержащихся в породах в повышенных количествах, что обусловлено не только условиями формирования рудовмещающих отложений, но и наличием комплексного геохимического барьера.

3. Урановые руды на месторождениях сформированы инфильтрационными кислородными урансодержащими подземными водами, проникавшими от верховьев и бортов палеораспадов в направлении тальвегов и устьев, на стадии раннего диагенеза осадков. Они контролируются областями выклинивания зоны грунтово-пластового окисления. Поствулканические процессы, воздействовавшие на породы рудовмещающей осадочной толщи после перекрытия их покровами базальтов, привели к частичному перераспределению урана и формированию рудных скоплений.

4. Установлено, что основной минеральной фазой урана на месторождениях Кореткондинское, Намару и других урановорудных объектах Хиагдинского рудного поля является тонкодисперсный нингиоит. Он концентрируется в межзерновом пространстве глинистых песков, на

поверхности обломочных зерен и между чешуйками слоистых алюмосиликатов. Помимо нингиюита в рудах в подчиненном количестве присутствуют поликомпонентные гелеподобные стяжения на титан-кремнистой и алюмосиликатной основе.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Проблемы изучения урановых месторождений палеодолинного «базального» типа

С 1980-х гг. по настоящее время широкое распространение получил термин «водородное рудообразование». Исследователи (А.И.Перельман, Е.М.Шмариович, Е.А.Головин, В.Н.Щеточкин, Я.М.Кисляков, С.Д.Расулова, Г.А.Тарханова, Ю.Ф.Яшунский, М.Ф.Каширцева, Katayama N., Boyle D.R. и др.), посвятившие большое количество работ теории водородного образования, сходятся во мнении, что под этим термином необходимо понимать «совокупность рудных процессов, обусловленных деятельностью подземных вод, характеризующихся наиболее широким (региональным) распространением в континентальных блоках земной коры и в явном виде не связанных с магматизмом» (Кисляков, Щеточкин, 2010).

Разработку теории водородного рудообразования нельзя считать полностью завершенной, т.к. до сих пор многие вопросы остаются недостаточно выясненными. В первую очередь это относится к геологическим условиям локализации ураноносных провинций и рудных полей, причинам локальности экзогенного эпигенетического оруденения, проблеме источника урана, соотношению экзогенных и эндогенных факторов при формировании урановых месторождений в осадочном чехле, в том числе на месторождениях без прямой связи с зонами пластового окисления. Необходимы дополнительные исследования по усовершенствованию критериев и методов генетической интерпретации аутигенных минеральных парагенезисов в водоносных горизонтах. Существует проблема происхождения хлоридных рассолов (прежде всего – металлоносных), а также низкоминерализованных слабовосстановительных бессероводородных («глеевых») и сероводородных подземных вод. Более очевидна метеогенная природа окислительных (кислородных) вод, формирующих инфильтрационные урановые месторождения.

Формирование водородных инфильтрационных урановых месторождений происходит преимущественно в подвергшихся горообразованию краевых частях молодых и древних платформенных плит (форландах), а также в эпиплатформенных орогенных поясах. Значительная часть этих месторождений располагается на щитах древних платформ и в тектонически спокойных областях завершённой складчатости. К подобным относятся урановые месторождения палеодолинного «базального» типа. Это особый тип месторождений, геологическая позиция которых и основные особенности позволяют предполагать, что они занимают промежуточное положение между месторождениями «песчаникового» типа, развитыми в

осадочных бассейнах, и т.н. поверхностными урановыми месторождениями, такими как месторождения ураноносных калькретов и гипкретов. Название «базальный тип» было впервые предложено Н. Катаямой и его коллегами (Katayama N., Kubo K. et al., 1974) при описании урановых месторождений Нинге-Тогэ и Тоно, открытых в 1955 и 1962 гг., локализуемых в базальных горизонтах аллювиальных осадков, перекрывающих мел – третичный интрузивный комплекс. С тех пор во всем мире были найдены многочисленные месторождения такого типа (Далматовское, Санарская группа месторождений, месторождения Хиагдинского рудного поля, Россия; Девладовское, Братское, Хуторское и др., Украина; Семизбай, Казахстан; Мэнинджи, Австралия).

Наиболее характерной особенностью урановых месторождений «базального» типа является их тесная пространственная связь со структурами фундамента. Все эти месторождения локализируются в русловых осадках, перекрывающих непосредственно крупные зоны разломов в фундаменте.

Генезис урановых месторождений палеодолинного «базального» типа требует полного понимания всех внутренних взаимосвязей между источником рудообразующих элементов, способами их миграции, палеоклиматом, условиями рудоотложения и сохранности месторождения.

На сегодняшний день (как и несколько десятилетий назад) перед исследователями, в том числе и перед автором работы, стоит проблема выявления эпигенетической окислительно-восстановительной рудоконтролирующей зональности, которая в существующих условиях либо не успевает сформироваться, либо захороняется и маскируется благодаря тому, что окисленные грунтовыми водами осадки в присутствии активного органического вещества вновь восстанавливаются. В других случаях эпигенетическая зональность совпадает с фациальной, т.е. зона развития окислительных процессов соответствует зоне первично-красноцветных отложений, а зона восстановления и рудонакопления – зоне первично-сероцветных осадков, обогащенных органическим веществом.

Сложной проблемой является изучение вещественного (минерального и элементного) состава руд методами традиционной оптической микроскопии не только вследствие рыхлости и сыпучести вмещающих пород, но также из-за дисперсности самого рудного вещества.

Глава 2. Эволюция рудоконтролирующей геолого-структурной обстановки

Территория Амалатского плато (центральная часть Витимского плоскогорья) в палеозое, мезозое и палеогене представляла собой жесткий, малоподвижный блок с крайне слабым проявлением этапов тектономагматических активизаций (Салоп, 1954; Флоренсов, 1977). Это обусловило незначительное по масштабам осадконакопление и наличие неоднократных эпох образования кор выветривания.

В раннем неогене в результате внутриплатформенной тектонической активизации на территории плато формировался грядово-холмистый рельеф, на склонах гряд образовывались распадки – небольшие реки, овраги

(условно названные палеодолинами), в которых впоследствии формировались месторождения. Интенсивность расчленения склонов гряд распадками определялась местными базисами эрозии, обусловленными превышениями между урезом воды рек и осями гряд.

Байсыханское грядово-холмистое поднятие, на склонах которого расположены рудовмещающие палеораспадки, лучше остальных выражено палеогеоморфологически, имеет асимметричное строение. По сравнению с северным склоном, южный – наиболее протяженный и крутой. Распадки закладывались по зонам тектонических нарушений северо-западного простирания, о чем свидетельствует положение их верховий и устьев на обоих склонах гряды почти на прямой линии. В миоценовое время в этих структурах формировались сероцветные песчано-глинистые отложения нижнеджилиндинской подсвиты (N_1dz_1). Осадконакопление происходило в лесостепной зоне, в условиях гумидного-семигумидного теплого климата, с отдельными засушливыми сезонами.

Впоследствии произошел очередной импульс тектонической активизации в центральной части Витимского плоскогорья, обусловленный дальнейшим развитием рифтовой зоны и прогибанием Байкальской впадины, т.е. для плоскогорья активизация имела отраженный характер. Ее результатом явилось общее проседание региона, на фоне чего по системе северо-восточных разломов, тектоническая активизация северо-западной системы привела к возникновению мелкоблокового строения территории. В это время накапливались вулканогенно-осадочные (рудовмещающие для распадков северного склона Байсыханского грядово-холмистого поднятия) отложения среднеджилиндинской подсвиты (N_1dz_2). Осадконакопление происходило в условиях гумидного климата.

Очередная фаза активизации была тектоно-магматической и привела к формированию в конце миоцена-начале плиоцена плато-базальтов верхнеджилиндинской подсвиты, выровнявших палеорельеф.

Таким образом, миоценовая тектоническая и плиоценовая тектоно-магматическая активизации обусловили появление на Амалатском плато геолого-структурной обстановки, благоприятной для экзогенно-эпигенетического инфильтрационного уранового рудообразования:

1) сформировался рельеф, необходимый для активного гидродинамического режима грунтово-пластовых вод, в частности образовались области разгрузки в межгрядовых долинах, унаследовавшие локальные меловые грабены и области питания – холмистые гряды, расчлененные распадками, обеспечивающими интенсивное однонаправленное латеральное движение кислородных подземных вод;

2) накопились горно-овражные, делювиальные, аллювиальные, озерные и вулканогенные отложения осадочной и сменяющей ее в разрезе вулканогенно-осадочной подсвиты (пачки), характеризующиеся высокой восстанавливающей способностью.

Глава 3. Геологическое строение рудовмещающей толщи месторождений Кореткондинское и Намару палеодолинного «базального» типа

Рудоносные структуры месторождений Кореткондинское и Намару (Хиагдинское рудное поле), расположенные на северном склоне Байсыханского поднятия, характеризуются в основном корытообразной формой поперечного профиля с пологими склонами, в отличие от распадков южного склона с V-образным профилем (месторождения Хиагдинское, Вершинное). Их ширина составляет 2-3 км, протяженность – 1-16 км, глубина вреза до 50 м. В плане они обычно практически не извилистые, характеризуются непостоянной шириной – чередуются широкие и более узкие участки (расширяются в местах впадения окружающих притоков за счет их устьев) (рис. 1).



Рис. 1. Геолого-структурная схема Витимского урановорудного района со снятым покровом четвертичных базальтов. Составлена ЗАО «РУСБУРМАШ» с дополнениями ФГУП «ВИМС».

1 – неоген-четвертичные базальты и трахибазальты нерасчлененные; 2 – Витимканский комплекс. Лейкократовые средне-крупнозернистые, часто «чернокварцевые» порфировидные роговообманковые и биотитсодержащие граниты, гранодиориты, граносиениты; 3 – осевые линии крупных поднятий; 4 – тектонические нарушения установленные (1) и предполагаемые (2); 5 – вулканические аппараты центрального типа (1), погребенные вулканы (2); 6 – урановорудные залежи гидрогенных месторождений палеодолинного типа; 7 – осевые линии основных палеодолин; 8 – контур Хиагдинского рудного поля

На месторождениях Кореткондинское (рис. 2) и Намару (рис. 3) продуктивная толща, выполняющая палеораспадки, представлена делювиально-овражными отложениями миоценового возраста, общей мощностью 5-33 м. По данным предшественников – сотрудников ФГУП «ВИМС» и ГРП №130 Сосновского ПГО, она разделяется на осадочную (нижнюю) (N_1dz_1) и вулканогенно-осадочную (среднюю) (N_1dz_2) подсвиты джилиндинской свиты, перекрываемые вулканогенной (верхней) подсвитой плато-базальтов (N_1dz_3) (рис. 4). Однако, было установлено, что в верховьях и центральных частях распадков рудовмещающие отложения

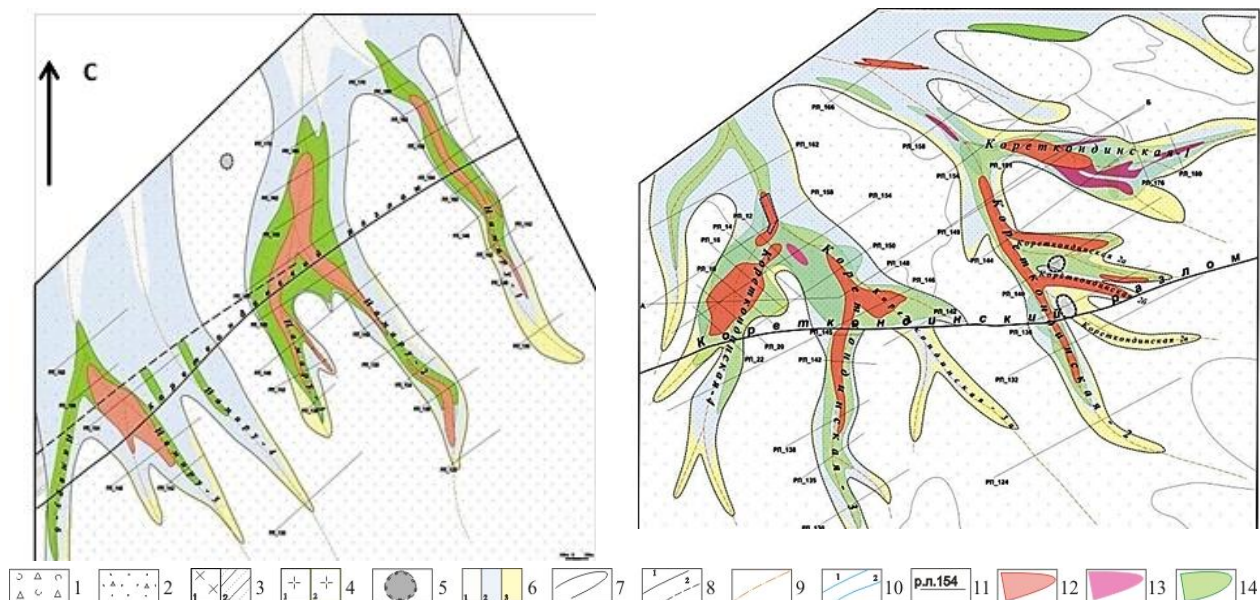


Рис. 2. Геолого-структурная карта рудоносного горизонта месторождения Намару. Составлена ЗАО «РУСБУРМАШ»
 Рис. 3. Геолого-структурная карта рудоносного горизонта месторождения Кореткондинское. Составлена ЗАО «РУСБУРМАШ»

1 – базальтовые туфы, туфобрекчии джиллиндинской свиты (N_{dz}); 2 – делювиально-пролювиальные отложения рудоносного горизонта джиллиндинской свиты (N_{1dz}); 3 – породы фундамента неогеновых вулканогенно-осадочных образований, перекрытых базальтами: 1- гранодиориты ($\gamma\beta PZ_{2-3V}$); 2- кембрийские метаморфизованные образования – песчаники, кварциты; 4 – Витимканский интрузивный комплекс (γPZ_{1V}). Лейкократовые средне-крупнозернистые, часто “чернокварцевые” порфировидные граниты, гранодиориты, граносиениты, преимущественно роговообманковые: 1- выходящие на дневную поверхность, 2 – перекрытые неогеновыми вулканогенно-осадочными образованиями; 5 – погребенные вулканические аппараты; 6 – геохимическое (эпигенетическое) состояние осадочных пород: 1 – первично-сероцветные, обогащенные углефицированным растительным детритом и дисульфидами железа, 2 – светло-серые, белесые с резким дефицитом углефицированного растительного детрита, с прослоями окисленных, 3 – окисленные (лимонитизированные); 7 – контур площади развития рудоносного горизонта; 8 – тектонические разломы: 1- установленные, 2 – предполагаемые по дешифрированию и геофизическим данным; 9 – осевые линии палеодолин по данным бурения; 10 – осевые линии палеодолин по данным бурения; 11 – разведочные линии и их номера; 12 – урановорудные залежи основного нижнего уровня с метропроцентом 0,075 м% и более; 13 – урановорудные залежи с метропроцентом 0,075 м% и более верхнего уровня; 14 – урановорудные залежи с метропроцентом менее 0,075%

представлены лишь вулканогенно-осадочной подсвитой, крайне редко ее подстилают породы осадочной пачки, в основном распространенные в устьевых частях распадков. Рудовмещающая вулканогенно-осадочная подсвита залегает на глинистой коре выветривания гранитоидов и частично сформирована за счет ее размыва. На склонах распадков она представлена делювиальными дресвяно-песчано-алеврито-глинистыми (хлидолиты) и щебнисто-дресвяными отложениями мощностью 3-13,5 м охристого и зеленовато-охристого цвета с примесью пеплового материала и мелких обломков базальтов. Щебень и дресва представлены обломками гранитов, гранитизированных гнейсов и гранодиоритов, песчаный материал, главным образом, полевым шпатом и

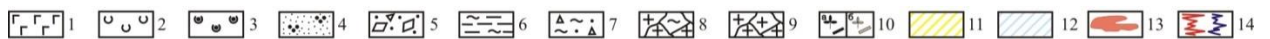
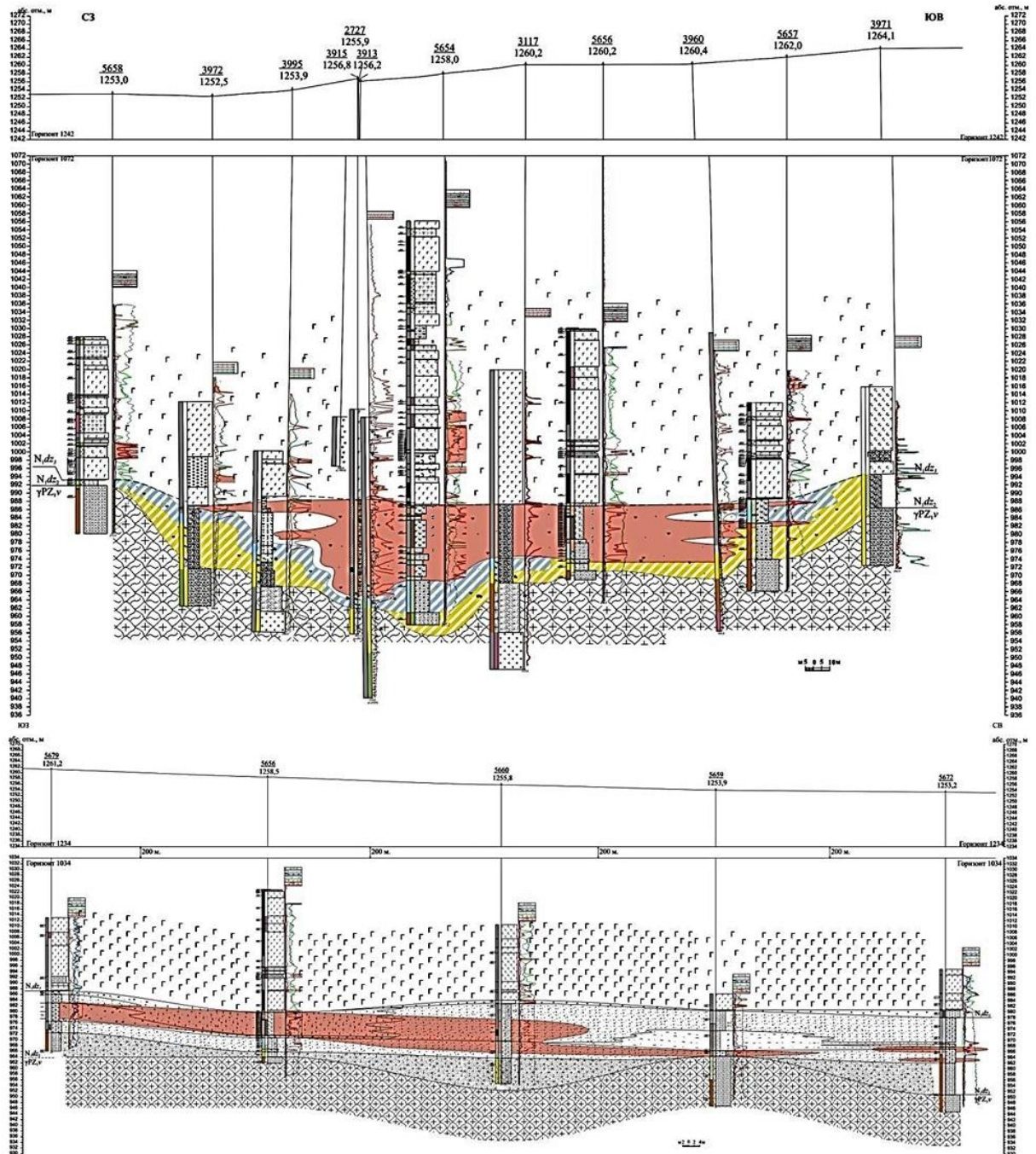


Рис. 4. Геологические разрезы поперечный (вверху) и продольный через тальвег (внизу) по палеораспадку Кореткондинский-4. Месторождение Кореткондинское. Составила: Е.С. Никитина.

1 – Базальты массивные; 2 – туфы; 3 – туффиты; 4 – пески; 5 – щебнисто-древянные отложения; 6 – алевроито-глинистые породы; 7 – хлидолиты; 8 – глинистая кора выветривания гранитоидов; 9 – зона дезинтеграции коры выветривания гранитоидов; 10 – углефицированный растительный детрит и древесина: а-черная, б-бурая; 11 – окисленные породы; 12 – белесые породы с резким дефицитом углефицированного растительного детрита (возможно, эпигенетически восстановленные); 13 – рудные тела; 14 – графики каротажа (ГК, КС и др.)

кварцем, глинистый цемент – монтмориллонитом, гидрослюдой и каолинитом. В верхних частях хлидолитов развиты белесые песчано-глинистые породы с резким дефицитом углистого детрита, что, вероятнее всего, обусловлено процессом вторичного восстановления гидроксидов железа глеевыми водами. Выше по разрезу залегают отложения склонов и тальвеговых частей палеораспадов, представленные разнозернистыми полевошпат-кварцевыми песками, алеврито-глинистыми породами с углефицированными растительными остатками, с большим количеством пепла и мелких обломков базальтов, а также, преимущественно в верхних частях разреза, туфами и туфопесчаниками мощностью 10-20 м.

Продуктивная толща перекрывается многочисленными покровами массивных, пористых базальтов и их шлаков верхней вулканогенной подсвиты.

Осадочные породы под базальтами содержат значительное количество вулканического пепла, полностью замещенного агрегатами тонкодисперсных чешуек монтмориллонита. Монтмориллонит в глинистых песках диагностируется отчетливо в виде беспорядочно ориентированных тонких изогнутых пластинок буровато-желтого цвета с желтыми цветами интерференции, часто замутнен и содержит микроскопическую вкрапленность ильменита. Иногда апопепловый монтмориллонит пропитывает всю породу, образуя большую часть цемента песчаника. Отмечается тенденция обогащения осадков к верхам разреза не только пеплом, но обломками базальтов, зачастую глинизированных. Кроме того, среди осадочных пород встречаются маломощные прослой туфов, в шлифах выглядящих как изотропная масса с редкими кристаллитами плагиоклазов, без примеси терригенного материала. Однако чаще отмечаются прослой туффитов, туфопесчаников, туфоалевритов, обогащенных микроскопическими выделениями железо-титановых минералов. Нередко большая часть цемента в шлифах представлена темным, плохо просвечивающим глинистым веществом, содержащим вуалевидную сыпь лейкоксена. Прослой, обогащенные глинизированным пеплом, как правило, характеризуются повышенными содержаниями Ti, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, P, V, Cr.

В разрезе широко распространены породы, обогащенные углефицированным растительным детритом, обычно обладающим буро-желтой окраской в результате замещения прозрачным желтым монтмориллонитом, но сохранившим растительную клеточную структуру. В нем отсутствует вкрапленность фрамбоидального пирита, характерного для черных полирующихся разностей растительного детрита.

Породы рудовмещающей вулканогенно-осадочной толщи с содержаниями урана менее 0,01% (условно названные «фоновыми») в повышенных количествах (в несколько раз и более), относительно кларков, содержат S, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Ba, Th, U и др. Присутствие таких элементов, как S, Co, Ni, Cu, Zn минералогически обусловлено наличием дисульфидов железа, в состав которых они входят. В составе пород всегда присутствует глинистая составляющая, которая, как известно, является хорошим сорбентом многих элементов, в том числе и урана. Кроме того, геохимически

S, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Ba, Th, U и P₂O₅ образуют группу элементов, характеризующихся положительными коэффициентами корреляции.

Глава 4. Условия формирования и закономерности локализации урановых руд на месторождениях палеодолинного базального типа

На месторождениях Кореткондинское и Намару, а также на других объектах Хиагдинского рудного поля, урановое оруденение представлено лентообразными залежами, протяженность которых колеблется от 800 до 4500 м при ширине от 20 до 300 м и мощности 12-15 м. Глубина залегания рудных тел составляет 120-330 м. Промышленное оруденение окружено ореолом непромышленных руд с содержанием урана более 0,01%, но с метропроцентом менее 0,075. Рудные залежи на месторождениях состоят из одного или нескольких сближенных рудных тел с содержанием урана в них от 0,01 до 0,5% (в среднем 0,036-0,069%).

На месторождениях рудовмещающая толща представлена породами, характеризующимися различными геохимическими свойствами, что способствовало локализации урановорудных залежей. В краевых частях рудоносных палеораспадов развиты делювиальные отложения окисленных хлидолитов, являющиеся продуктом перемыва глинистой коры выветривания гранитоидов. В плане они подковообразно охватывают верховья и прибортовые части палеораспадов. В направлении к центральным частям и низовьям палеораспадов эти породы сменяются белесыми хлидолитами, глинистыми песками с резким дефицитом углефицированного растительного детрита, постепенно переходящие в сероцветные породы. На стадии раннего диагенеза кислородные урансодержащие воды, проникавшие в осадки от поднятий, на выходе из делювиальных отложений окисляли осадки богатые дисульфидами железа, тем самым формируя зону грунтово-пластового окисления. После перекрытия палеораспадов плащом водоупорных пород и прекращения доступа кислородных вод, в осадках богатых органическим веществом возникла восстановительная среда. В результате произошло восстановление гидроксидного железа, что обусловило специфическую белесую окраску вышеописанных пород.

В плане промышленное урановое оруденение локализовано в тальвегах палеораспадов, выклиниваясь от верховьев к устью, на границе окисленных и эпигенетически восстановленных пород (рис. 5). На месторождениях Намару и Кореткондинское (северный склон Байсыханского поднятия) оруденение распространено по всей толще проницаемых рудовмещающих отложений вулканогенно-осадочной (средней) подсветы, обогащенных сингенетическими восстановителями урана. В отличие от этого, в подобных объектах южного склона (Хиагдинское, Вершинное и др.) оруденение приурочено к базальным частям разреза осадочной (нижней) подсветы, перекрываемой глинистыми отложениями вулканогенно-осадочной подсветы озерно-болотного происхождения, являющимися водоупором для грунтово-пластовых урансодержащих кислородных вод.

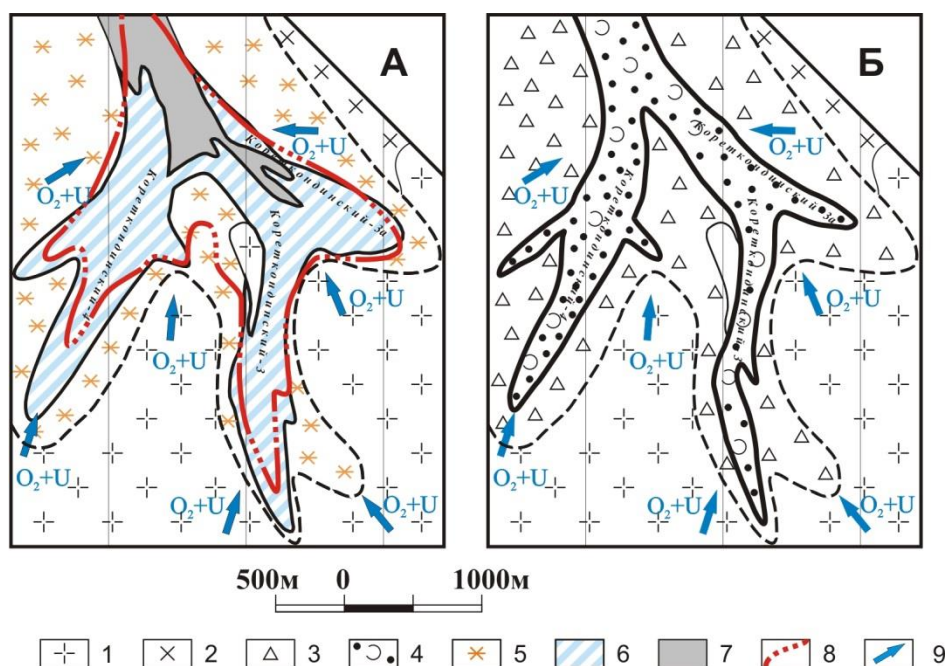


Рис. 5. Фрагмент карты закономерностей локализации уранового оруденения в геохимических (А) и литологических (Б) зонах в палеораспадах Кореткондинский-3, 3а, 4. Составлена Е.С. Никитиной с использованием данных по скважинам геологоразведочной партии №130 Сосновского ПГО.

1 – Витимканский гранитоидный комплекс (γPZ_{1v}); 2 – гранитоиды баргузинского гранитоидного комплекса (γPR_{2b}); терригенные отложения Джилиндинской свиты (N_{1dz}) выполняющие палеораспадки: 3 – хлидолиты с прослоями песков; 4 – пески с примесью вулканогенного материала с линзовидными прослоями глин; геохимические типы разрезов: 5 – окисленный; 6 – сочетание белесого, с резким дефицитом углефицированного органического вещества, с реликтами окисленных пород; 7 – сероцветный, обогащенный углефицированным растительным детритом и дисульфидами железа; 8 – контур локализации оруденения; 9 – направление движения ураноносных кислородных вод

В результате минералого-аналитических исследований были выявлены локальные литологический и минералогический рудоконтролирующие факторы. Первый обусловил концентрацию наиболее богатого оруденения в более тонкозернистых, преимущественно глинистых породах, что обусловлено максимальной концентрацией в них сингенетических восстановителей (углефицированных растительных остатков), а также более длительным контактом урансодержащих вод с породой при их более медленном просачивании в хуже проницаемых, по сравнению с песками, породах.

Минералогический фактор обусловил концентрацию урана в интервалах, обогащенных пепловым материалом и в участках разреза, обогащенных органосмектитом. Интервалы, обогащенные пепловым материалом (по данным петрографического исследования, Г.А. Тарханова – ФГУП «ВИМС»), представлены глинистыми, существенно монтмориллонитовыми титансодержащими породами, образовавшимися за счет разложения пепла на стадии сингенеза и раннего диагенеза. Лейкоксенизированные титанаты и монтмориллонит отличаются высокой сорбционной способностью, что объясняет концентрацию урана в подобных «глинизированных» породах.

Органо-сметиты сформировались во время вулканической деятельности одновременно с образованием вулканогенно-осадочной и вулканогенной подсуит за счет воздействия на осадки восходящих поствулканических fumarol. Сметит, основой которого, по данным РКФА, является монтмориллонит, псевдоморфно замещал, иногда целиком, углефицированные растительные остатки, в результате чего образовался минеральный агрегат бурого цвета, характеризующийся резко повышенными сорбционными и восстанавливающими свойствами. По данным петрографических исследований установлено, что он нередко полностью слагает цемент проницаемых пород и часто содержит мельчайшие включения пирита.

На территории месторождений были установлены сдвиговые перемещения и вертикальное ступенчатое смещение продуктивных отложений на 60-130 м по долгоживущим разломам (Кореткондинскому на северном склоне, Хиагдинскому – на южном) и оперяющим его тектоническим нарушениям. Иногда по этим структурам уран перераспределялся поствулканическими растворами вверх в микротрещины в базальтах, где осаждался в новообразованных глинах с карбонатами и сульфидами железа, что приводило к образованию непромышленных концентраций урана.

Основным концентратором урана на месторождениях является соединение кальций-уран-фосфорного состава с постоянными соотношениями элементов. Минералогически эти соединения представлены пленками, глобулами, кристаллами микронных размеров нингиюита, концентрирующихся в межзерновом пространстве глинистых песков, на поверхности обломочных зерен и между чешуйками слоистых алюмосиликатов. Нингиюит крайне редко формирует хорошие кристаллические формы, представлен относительно крупными удлинёнными кристаллами, размерами 0,1-0,8 мкм (рис. 6).

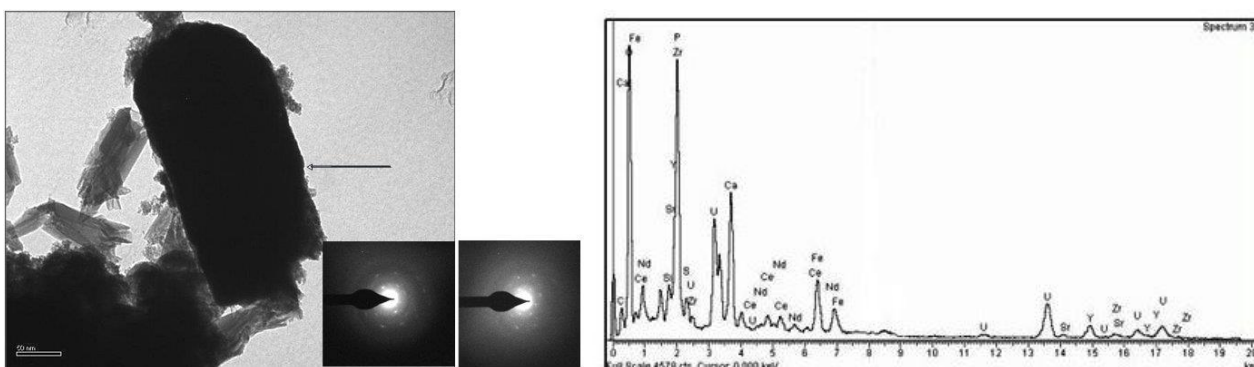


Рис. 6. Удлиненный кристалл нингиюита в слоистых алюмосиликатах

Большой вклад в познание минеральных форм урана, в т.ч. нингиюита, внесли специалисты ИГЕМ РАН: д.г.-м.н. О.А.Дойникова, д.г.-м.н. Л.Н.Белова, д.г.-м.н. А.И.Горшков. Кроме того, методами электронной микроскопии и микрозондового анализа в настоящее время активно изучаются фосфаты U^{4+} сотрудниками ФГУП «ВИМС»: к.г.-м.н. Г.А.Тарханова, д.г.-м.н. В.Т.Дубинчук, к.г.-м.н. Н.И.Чистякова и др., на основе данных которых проводились исследования автором диссертации.

В осадочных породах довольно часто встречаются урансодержащие полиэлементные аморфные гелеподобные стяжения, располагающиеся в глинистой массе породы. Точечный анализ химического состава показывает, что это кальциевый фосфат урана с соотношениями U:Ca:P=1:2:3. Во всех случаях урановая минерализация сопровождается повышенными содержаниями S, Fe, Zn и Pb, что связано с мельчайшими выделениями дисульфидов железа. Часто фиксируются зональные колломорфноподобные выделения или извилистые червеобразные обособления внутри округлых глинистых «окатышей», по составу представленных смесью каолинита, галлуазита и монтмориллонита (рис. 7).

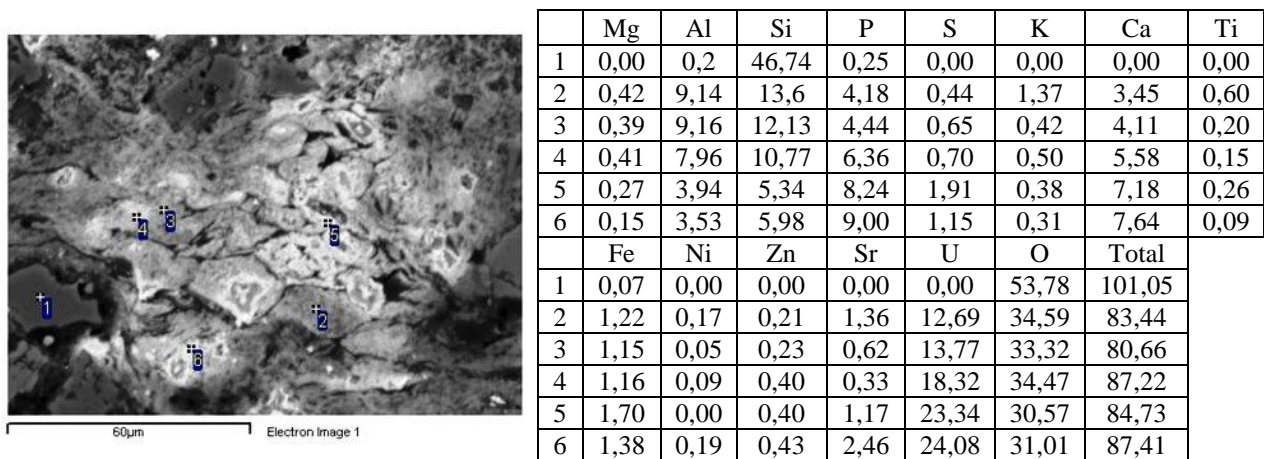


Рис. 7. Колломорфные выделения глины и кальциевого фосфата урана

Неоднократно устанавливалось присутствие кальциевого фосфата урана в обломках гранита, где урановый минерал, по составу отвечающий нингиоиту, проникает внутрь крупного кварцевого обломка с включениями полевых шпатов и образует тонкие каемки вокруг кристаллов альбита и КПШ с проникновением в них по спайности (рис. 8). В составе нингиоита также отмечается примесь S, Fe и Zn.

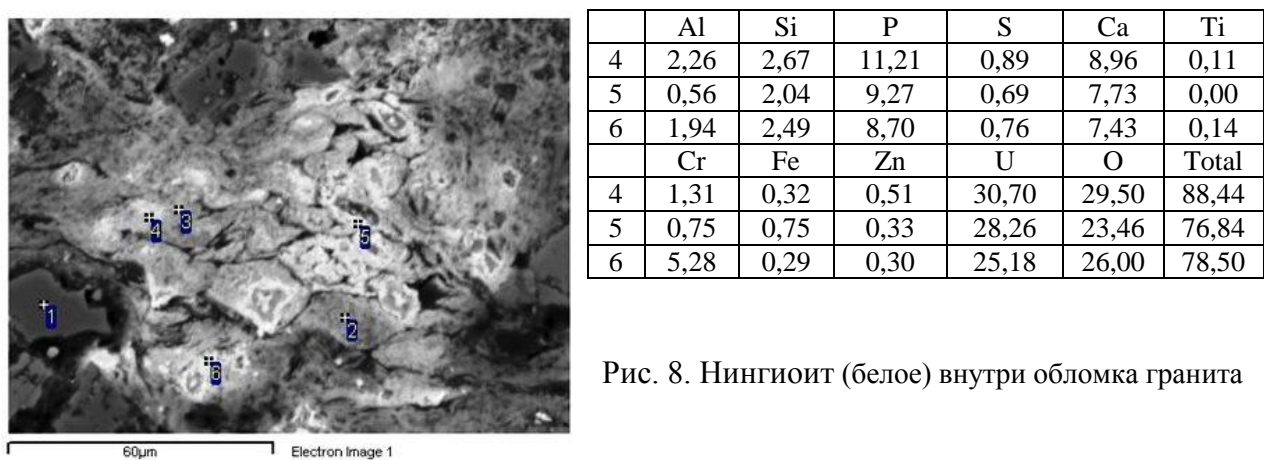


Рис. 8. Нингиоит (белое) внутри обломка гранита

При замещении растительных остатков глинистыми минералами, в частности, монтмориллонитом, в них устанавливаются повышенные содержания U, S, Fe, Ca, Si, Al, в меньшей степени P, Zn и Mg. Внутренние

части углефицированного детрита содержат урановый минерал с кальцием и фосфором, сфалерит, пирит и глину (рис. 9).

Оксиды титана (рутил, анатаз с примесями Nb, Fe, V), содержащиеся среди минералов тяжелого шлиха в цементе глинистых песчаников, несут следы изменений и характеризуются появлением U, P, Ca и S. Иногда наблюдаются выделения кальциевого фосфата урана на измененной поверхности оксида титана. По соотношению элементов урановый минерал относится к нингиоиту, однако, и в этом случае микродифракционно определяются гелеподобные стяжения титан-, уран-, фосфор- и кальцийсодержащие. Подобное явление, вероятнее всего, обусловлено не процессом лейкоксенизации титанового минерала и сорбцией урана на лейкоксене, а результатом взаимодействия оксида титана с коллоидным урансодержащим раствором.

| | Na | Mg | Al | Si | P | S | K | Ca |
|---|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|------|
| 1 | 0.34 | 0.00 | 10.03 | 30.06 | 0.00 | 0.07 | 13.89 | 0.11 |
| 2 | 0.00 | 0.08 | 0.07 | 0.09 | 0.06 | 0.39 | 0.01 | 0.32 |
| 3 | 0.00 | 0.03 | 0.07 | 0.11 | 0.04 | 0.63 | 0.01 | 0.27 |
| 4 | 0.12 | 0.40 | 13.43 | 20.66 | 0.54 | 0.21 | 2.7 | 0.55 |
| 5 | | | 0.17 | 0.04 | 0.06 | 33.46 | | 0.04 |
| 6 | | | 2.47 | 2.66 | 4.78 | 4.75 | | 4.91 |
| 7 | | | 2.76 | 3.02 | 1.06 | 13.04 | | 1.23 |
| | Ti | Cr | Fe | Zn | U | O | Total | |
| 1 | 0.00 | 0.07 | 0.03 | 0.12 | 0.00 | 46.34 | 101.06 | |
| 2 | 0.06 | 0.55 | 0.10 | 0.49 | 0.10 | 1.49 | 3.81 | |
| 3 | 0.07 | 0.07 | 0.14 | 0.33 | 0.30 | 1.58 | 3.65 | |
| 4 | 0.36 | 0.04 | 1.27 | 0.28 | 1.36 | 38.63 | 80.55 | |
| 5 | | | 0.18 | 65.63 | 0.54 | 2.09 | 102.2 | |
| 6 | | | 5.19 | 3.97 | 18.28 | 17.79 | 65.04 | |
| 7 | | | 0.45 | 32.32 | 4.90 | 12.25 | 71.03 | |

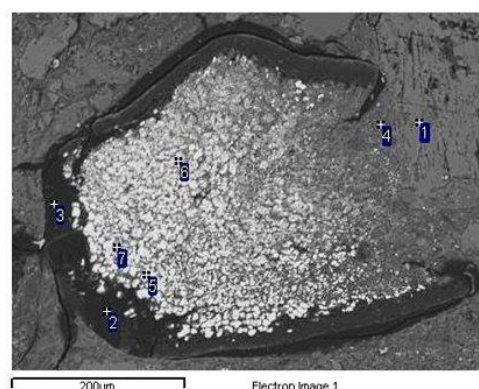


Рис. 9. Замещение растительного остатка смесью глины, сфалерита и уранового минерала

В вулканогенных породах (базальтовые туфы), в результате их изменения и превращения в алюмосиликатную массу, оксиды титана присутствуют в виде зональных колломорфных выделений, где отдельные микрзоны обогащены кремнием и алюминием. Подобные образования характеризуются постоянным присутствием P, S, Fe, Zr и U. Таким образом, основа ураноносных поликомпонентных «гелей» в осадочных породах и вулканогенных различна: во-первых это Al и Si, во вторых – Ti.

Помимо вышеописанных «гелей» в вулканогенных породах в большом количестве присутствует вкрапленность сульфидов железа, представленных как хорошо сформированными кристаллами, так и агрегатами мелких округлых сфероидов. В их составе определяются повышенные содержания Ni и Co (до нескольких процентов).

Смешанные вулканогенно-осадочные породы содержат урановую минерализацию по форме и виду, присущую как осадочным, так и вулканогенным образованиям. Однако, стоит отметить, что в этих породах практически вся глина как первичная, так и развивающаяся по пеплу и туфам содержит примесь урана. В ней содержатся большое количество включений дисульфидов железа, среди которых можно выделить две разновидности. Первые – типичные фрамбоиды, состоящие из мелких глобул,

характеризуются значительными содержаниями (целые проценты) урана и повышенными содержаниями фосфора и кальция. Вторая разновидность – плотные сфероидальные, зональные, с видимыми глобулами в центре и массивные по периферии дисульфиды, глобулярное строение которых зачастую плохо различимо за счет плотного прилегания отдельных глобул друг к другу. Основным отличием этой разновидности является полное отсутствие в них урана и наличие примесей Co, Ni и Zn. Морфология сульфидов свидетельствует об их кристаллизации из геля.

Глава 5. Модель рудообразования на месторождениях палеодолинного «базального» типа

Руды сформированы урансодержащими кислородными грунтово-пластовыми водами, проникавшими от верховьев и крутых бортов распадков в их тальвеговую часть. Рудообразование начиналось во время накопления отложений осадочной пачки (месторождения Вершинное, Хиагдинское и др.), продолжалось во время формирования вулканогенно-осадочной пачки (Намару, Кореткондинское) и прекратилось после перекрытия плато-базальтами. Не исключено, что привнос урана в осадки кислородными водами на начальном этапе не сопровождался формированием зон окисления. Инфильтрация кислородных вод могла сопровождаться формированием пленок гидроксидов железа на песчаных зернах и в поровом пространстве между ними без окисления железосодержащих минералов в осадках. Грунтово-пластовые зоны окисления начинали формироваться, вероятно, на стадии раннего диагенеза и образовывали рудные залежи за счет перераспределения урана, накопившегося в осадках в процессе седиментогенеза, а также его привноса из области питания на следующей стадии осадкообразования. Подобные месторождения ранее были отнесены к экзодиагенетическим, то есть сформировавшимися эпигенетическими процессами с привносом урана на стадии диагенеза (Головин Е.А., 1988). В областях выклинивания зон грунтово-пластового окисления возникал контрастный восстановительный барьер, обусловленный высокой концентрацией углистого органического вещества. Ему соответствовали сорбционный, нейтрализационный геохимические и литологический барьер, что способствовало накоплению в рудах большого количества моно- и поливалентных элементов.

Осаждение урана, привносимого кислородными грунтовыми водами на начальных этапах рудообразования, было обусловлено процессами сорбции на глинистой составляющей осадков, пропитанной органическими кислотами. Коллоидная форма рудоносного раствора способствовала возникновению многокомпонентных урансодержащих гелеподобных стяжений. В процессе насыщения сорбционной поверхности углеродсодержащей глины происходила последовательная кристаллизация урансодержащего вещества до формирования кальциевого фосфата урана – нингиоита, являющегося главным минералом концентратором урана. Восстановительные условия рудоотложения способствовали переходу урана из шестивалентной сорбционной формы в U^{4+} .

Учитывая, что условия среды при рудоотложении были достаточно кислыми, отложения урана в оксидной форме едва ли могло происходить. По-видимому, не было и условий для полного восстановления урана до четырехвалентного состояния на начальном этапе отложений поликомпонентных «гелей», и только постепенно при кристаллизации в восстановительной среде мог отлагаться сложный урановый минерал с U^{+4} и анионной фосфатной составляющей. Формирование коффинита также маловероятно в связи с отсутствием миграции кремния в кислой обстановке.

Источник фосфора для нингионита, вероятно, иной, чем для урана (высококларковые граниты). Можно отметить, что повышенное количество фосфора устанавливается в растительных остатках, в т.ч. и на безрудных участках.

В пределах рудных залежей установлены минеральные ассоциации, образованные в результате фумаральной деятельности и при внедрении восходящих по зонам разломов углекислых, иногда сероводородных вод.

Наложённая карбонатизация представлена новообразованными сферолитовидными выделениями сидерита в глинистом цементе песчаников. Округлые, часто зональные выделения сидерита иногда содержат вкрапленность зерен пирита. В тех скважинах, где были установлены подобные изменения, в гранитах фундамента наблюдаются тонкие прожилки карбоната с кристаллами дисульфидов железа, секущие серицитизированные и каолинизированные полевые шпаты и по трещинкам проникающие в зерна кварца. Данные факты позволяют предполагать, что карбонатизация совместно с дисульфидами железа, является наложенной на рудовмещающие осадки и, вероятнее всего, контролируется зонами нарушений. Среди сидерита наблюдаются скопления кристаллов и агрегаты пирита, редко халькопирита. Сидерит агрессивен по отношению к обломкам кварца и полевого шпата, проникая по спайности во все зерна полевого шпата и по трещинам дробленных зерен кварца. Отложение карбонатов и дисульфидов железа обусловлено проникновением напорных сероводородно-углекислых вод в осадки по зоне тектонического нарушения.

В оливин-пироксеновых базальтах в интервалах повышенной гамма-активности вдоль оси керна развиты трещины, выполненные *галлуазитом, метагаллуазитом, монтмориллонитом и их смешаннослойными образованиями с пиритом, сульфатами железа, оксидов титана, баритом и гипсом*. Наблюдается большое количество выделений сидерита и крупных обособлений кальцита. Вдоль трещины отмечается микронеональность, отражающая последовательность минералообразования: сидерит+кальцит → глинистые минералы+сульфиды и сульфаты железа+барит. Электронно-микроскопическими исследованиями обнаружены слабо раскристаллизованные нингиониты или полностью аморфные поликомпонентные гелеподобные стяжения. В их составе выявляются примеси, аналогичные урановому минералу в породах – Ce, Fe, S, Mg, а также повсеместно углерод и различные содержания титана. Состав урансодержащего вещества переменчив, но всегда U, P, Ca, Fe и S. Отсутствует пространственная связь урановых минералов с сидеритом и

титановыми минералами. Это позволяет предполагать генетическую связь урановой минерализации с сульфидами железа, обогащенными кобальтом, никелем и *новообразованной глиной*, обусловленными проявлением поствулканических сероводородно-углекислых процессов, следы которых отмечаются в гранитах, осадках и базальтах. Эти процессы приводили к разложению углистого детрита и замещению его монтмориллонитом, в результате чего формировались агрегаты (органосмектиты), образованные сорбционно-емким монтмориллонитом и восстановителем – углистым детритом.

Необходимо отметить, что поствулканические растворы переотлагали уран на незначительное расстояние внутри рудной залежи, резко обогащая им маломощные слои, содержащие вулканический пепел, преобразованный в монтмориллонит, либо большое количество органосмектита. Иногда уран перераспределялся поствулканическими растворами вверх в микротрещины в базальтах, где осаждался в новообразованных глинах с карбонатами и сульфидами железа.

Все имеющиеся факты, полученные при изучении новообразований поствулканических термальных процессов, свидетельствуют об отсутствии урана в них в случаях их проявления за пределами рудных тел.

Заключение

Урановое оруденение на месторождениях палеодолинного «базального» типа представлено лентообразными в плане, линзовидными в разрезе залежами, локализованными в относительно узких, протяженных палеодолинах (распадках, оврагах), выполненных проницаемыми делювиально-овражными отложениями. Рудные тела приурочены к песчаным и песчано-глинистым отложениям, обогащенным сингенетическими восстановителями урана – углефицированным растительным детритом и дисульфидами железа.

Основным концентратором урана является соединение кальций-уран-фосфорного состава с постоянными соотношениями элементов. Эти элементы входят в состав аморфных поликомпонентных гелеподобных стяжений или кристаллизующейся из них минеральной фазы кальциевого фосфата урана – нингиоита.

Проведенные автором исследования позволили сформулировать следующую модель рудообразования. Руды сформированы урансодержащими кислородными грунтово-пластовыми водами, проникавшими от верховьев и крутых бортов распадка в его тальвеговую часть. Грунтово-пластовые зоны окисления начинали формироваться на стадии раннего диагенеза, способствуя образованию рудных залежей за счет перераспределения урана, накопившегося в осадках в процессе седиментогенеза и его привноса из области питания на следующей стадии осадкообразования. В областях выклинивания зон грунтово-пластового окисления возникал контрастный восстановительный барьер, обусловленный высокой концентрацией углистого органического вещества. Ему соответствовали сорбционный, нейтрализационный геохимические и литологический барьер.

Осаждение урана, привносимого кислородными грунтовыми водами на начальных этапах рудообразования, было обусловлено процессами сорбции на глинистой составляющей осадков, пропитанной органическими кислотами. Коллоидная форма рудоносного раствора способствовала возникновению многокомпонентных урансодержащих гелеподобных стяжений. В процессе насыщения сорбционной поверхности углеродсодержащей глины происходила последовательная кристаллизация урансодержащего вещества до формирования кальциевого фосфата урана – нингиита, являющегося главным минералом-концентратором урана.

Воздействие поствулканических процессов на рудовмещающую толщу привело к образованиям в составе руд сульфатов и сульфидов железа, обогащенных Co, Ni, Zn, Sr, Zr, As. Вдоль открытых трещин в базальтах поствулканические растворы приводили к формированию карбонатов, глинистых минералов, сульфатов и сульфидов железа, обогащенных Co, Ni, Zn. Поствулканические сероводородно-углекислые растворы переотлагали уран на незначительное расстояние внутри рудной залежи, резко обогащая им маломощные прослои, содержащие новообразованные монтмориллонит, органо-сметтит или титанаты.

Список опубликованных работ автора по теме диссертации

1. **Малышева Е.С.*** Особенности рудовмещающих отложений уранового месторождения Кореткондинское (Хиагдинское рудное поле, Витимский урановорудный район)//Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2011». – М.: МАКС Пресс, 2011–1 электрон., опт. диск (CD-ROM).

2. **Малышева Е.С.** Литолого-фациальное строение рудовмещающих отложений и особенности рудообразования на месторождении Кореткондинское (Витимский урановорудный район)//Тезисы докладов третьей научно-практической конференции молодых ученых и специалистов: «Комплексное освоение и оценка месторождений твердых полезных ископаемых». – М.: ФГУП «ВИМС», 2011. С. 69-70.

3. **Малышева Е.С.** Предварительные данные литолого-фациальных, минералого-геохимических особенностей локализации уранового оруденения и рудовмещающих пород месторождения Кореткондинское (Витимский урановорудный район)//Проблемы геологии и освоения недр: труды XV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 110-летию со дня основания горно-геологического образования в Сибири. Том I. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. С. 180-181.

4. **Никитина Е.С.,** Прохоров Д.А. Особенности геологического строения руд и вмещающих пород уранового месторождения Намару,

* Девичья фамилия Никитиной Е.С. – Малышева Е.С., свидетельство IV-МЮ №562338.

Витимский урановорудный район, Сибирь//Материалы XVIII научной молодежной школы «Металлогения древних и современных океанов. Гидротермальные поля и руды». – Миасс: ИМин УрО РАН, 2012. С. 150-154.

5. **Никитина Е.С.** Вулканогенно-осадочные породы рудовмещающих отложений уранового месторождения Коретконде (Витимский урановорудный район)//Материалы Российского совещания с международным участием «Диагностика вулканогенных продуктов в осадочных толщах». – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2012. С. 103-105.

6. **Никитина Е.С.** Геологическое строение уранового месторождения Намару. Закономерности локализации оруденения, минеральный состав руд и рудовмещающих пород (Витимский урановорудный район)// Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2012». – М.: МАКС Пресс, 2012. – 1 электрон., опт. диск (CD-ROM).

7. **Никитина Е.С.** Минералого-геохимические особенности руд и рудовмещающих пород уранового месторождения Коретконде (Витимский урановорудный район)// Тезисы докладов четвертой научно-практической конференции молодых ученых и специалистов: «Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых». – М.: ФГУП «ВИМС», 2012. С. 78-80.

8. **Никитина Е.С.**, Прохоров Д.А. Геологическое строение уранового месторождения Намару и минералого-геохимические особенности руд и рудовмещающих пород (Витимский урановорудный район)//Известия вузов. Геология и разведка. 2012. №4. С. 26-31.

9. **Никитина Е.С.**, Прохоров Д.А. Закономерности локализации оруденения, минеральный состав руд и рудовмещающих пород уранового месторождения Кореткондинское (Витимский урановорудный район)//Вестник Московского ун-та. Серия 4. Геология. 2012. №6. С. 44-50.

10. **Никитина Е.С.** Особенности геологического строения, истории развития и уранового рудообразования Витимского урановорудного района// Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2013». – М.: МАКС Пресс, 2013. – 1 электрон., опт. диск (CD-ROM).

Подписано в печать 16.12.2013 г.
Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 1,0
Отпечатано на ризографе.
Тираж 100. Заказ № 46

РИС «ВИМС»
119017, г. Москва, Старомонетный пер. дом 31