

На правах рукописи



Гречухин Максим Николаевич

**УСЛОВИЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ
УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ УЛЬЗИТ
В РИФТОГЕННОМ ОСАДОЧНОМ БАССЕЙНЕ
ВОСТОЧНОЙ МОНГОЛИИ**

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого–минералогических наук

Москва–2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»

Научный руководитель: **Игнатов Петр Алексеевич,**
доктор геолого-минералогических наук,
профессор МГРИ–РГГРУ им. С.Орджоникидзе
(г.Москва)

Официальные оппоненты: **Тарханов Алексей Владимирович,**
доктор геолого-минералогических наук, главный
научный сотрудник группы экспертов АО
«ВНИИХТ» (г.Москва)

Алешин Алексей Петрович,
кандидат геолого-минералогических наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории
радиогеологии ФГБУН ИГЕМ РАН (г.Москва)

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М.Федоровского» (ФГБУ «ВИМС») (г.Москва)

Защита состоится «08» мая 2018 г. в 13 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д.212.121.04 при Российском государственном геологоразведочном университете им. Серго Орджоникидзе по адресу: 117997, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д.23, в аудитории 4-73.

С диссертацией можно ознакомиться на сайте www.mgri-rggru.ru и в читальном зале научной библиотеки МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе (ул. Миклухо-Маклая, д.23)

Автореферат разослан «___» _____ 2018 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат геолого-минералогических наук



Бобков А.И.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Возрастающая потребность в радиоактивном энергетическом сырье ставит актуальной задачей интенсификации поисковых работ в урановорудных провинциях мира. Наиболее приоритетными направлениями являются поиски и разведка инфильтрационных месторождений урана песчаникового типа. Технология их эксплуатации наиболее рентабельна и экологична способом скважинного подземного выщелачивания (СПВ), а извлекаемые руды находятся в самой низкой ценовой категории.

Последние два десятилетия ознаменовались открытием и разведкой нескольких гидрогенных месторождений урана песчаникового типа в Монголии. Это позволяет стране стать полноправным потенциальным экспортёром радиоактивного сырья на мировой рынок с существенной разведанной ресурсной базой урана – 2% мировых запасов (NEA/IAEA, 2016) и подготовить собственный ресурсный потенциал для планируемой в будущем атомной энергетики Монголии.

К числу недавно открытых относится инфильтрационное урановое месторождение Ульзит, выявленное в Восточно-Гобийском районе Монголии в 2011 году, на основе прогноза автора при проведении геологоразведочных работ, в рамках совместного монгольско-российско-канадского проекта «Гурван-Сайхан» (Гречухин, 2014). Определено геологическое строение месторождения, установлены вещественный состав и условия локализации руд, имеющие отличия от других гидрогенных месторождений урана в регионе (Гречухин и др., 2016).

Тектоническая позиция, состав и строение рудовмещающей толщи, закономерности локализации рудных залежей и их характеристика позволяют отнести месторождение Ульзит к новой для Монголии разновидности инфильтрационных урановорудных объектов. В этой связи определение условий локализации руд Ульзита, как эталонного для региона месторождения, является актуальной задачей данной работы.

Целью работы является определение условий локализации, характеристик рудовмещающей толщи и вещественного состава урановых руд гидрогенного месторождения Ульзит в Монголии, как комплексной геологической основы для продолжения и оптимизации поисков и разведки новых рудных залежей на рудном поле месторождения, а также в других однотипных рифтогенных осадочных бассейнах Монголии и сопредельных государств.

Для достижения поставленной цели решались следующие **основные задачи**:

1. Анализ позиции рудовмещающего бассейна Ульзитинской депрессии в региональных структурах Монголии и связь с ураноносностью.

2. Изучение стратиграфии и литолого-фациальных характеристик рудовмещающей осадочной толщи прибортовой части Ульзитинской рифтогенной депрессии.

3. Определение параметров рудных тел.

4. Выявление зон эпигенетического грунтово-пластового окисления и их связи с урановым оруденением.

5. Определение вещественного состава урановых руд месторождения Ульзит.

6. Предварительная оценка геотехнологических свойств руд месторождения Ульзит и возможности их добычи методом СПВ.

7. Реконструкция условий рудообразования на участке месторождения.

Фактический материал и методы исследования. Фактической основой диссертации послужили результаты поисково-разведочных работ на уран, спроектированных и проведенных лично автором в пределах Ульзитинской депрессии в 2008-2012 гг., в рамках проекта СП «Гурван-Сайхан», за счет инвестора предприятия – канадской компании Denison Mines.

Основным методом этих работ являлось бурение керновых и бескерновых вертикальных скважин с попутным комплексом ГИС (интегральный гамма-каротаж, электро-каротаж и др.). Буровые работы проводились на прогнозных участках, выделенных автором по данным линеamentного анализа космических спектрональных снимков Landstat-7/ETM+, анализу геологических карт масштаба 1:200 000 и 1:500 000, данным литогеохимии и авто-гамма-спектрометрической съемки.

Автором проинтерпретированы результаты ГИС по ~250 скважинам (~45 тыс. п.м) и изучено ~ 5000 м керна. Подготовлены и проанализированы разномасштабные геолого-прогнозные карты и геологические разрезы, на основе созданных автором слоев геолого-геофизической информации в различных программных продуктах. В процессе сбора и обработки первичной геологической информации проводилось литолого-фациальное расчленение осадочной толщи, ритмостратиграфический анализ, картирование фронта эпигенетического окисления и урановорудных зон по керну и ГИС.

На основе результатов опробования (геофизическое, керновое, технологическое и др.) установлены различные характеристики руд и рудовмещающих пород. Проинтерпретировано содержание урана в породах с шагом 0.1 м по стволам всех скважин на основе гамма-каротажа; проанализировано в различных лабораториях Монголии, России и Канады – ~800 проб на уран, торий и сопутствующие элементы методом ICP-MS (Actlabs Asia LLC, Монголия, Канада); 148 проб на радий, торий и калий с целью выяснения радиологических свойств руд (Сосновгеология АО Урангео, г.Иркутск); петрографические описания серии шлифов рудовмещающих отложений (МГРИ-РГГРУ, г.Москва); 4 пробы на палинологический анализ для уточнения возраста рудовмещающих отложений (Палеонтологический Центр

АН Монголии, г.Улан-Батор); 3 типичных образца руд методами аналитической электронной микроскопии (ИГЕМ РАН); определен изотопный состав серы 8 образцов пирита из угленосных отложений (ФГУП ЦНИГРИ, г.Москва); 32 образца кварца проанализированы на наличие радиационных дефектов (ФГБУ ВИМС, г.Москва); выполнен рентгенофазовый анализ 5 образцов и определены основные породообразующие минералы (МГРИ-РГГРУ, г.Москва); 20 образцов проанализированы методом газовой хроматографии (МГРИ-РГГРУ, г.Москва); изучены физико-механические свойства пород, их гранулометрический состав (Жонш-Уул ХХК, г.Улан-Батор); проведен лабораторный опыт сернокислотного выщелачивания урана (ЦГЛ Монголии, г.Улан-Батор).

Научная новизна. Автором впервые изучено месторождение урана Ульзит, Монголия. Для обработки геолого-геофизической информации, полученной в ходе проведенных полевых и камеральных геологоразведочных работ, использован широкий комплекс современных методов анализа.

Выявлена пространственная связь урановорудного поля месторождения Ульзит с зоной континентального рифтогенеза и узлом пересечения региональных и локальных тектонических нарушений.

Впервые установлены закономерности состава и строения рудовмещающей толщи угленосного осадочного бассейна мелового возраста в прибортовой части Ульзитинской депрессии в Восточно-Гобийском районе Монголии. Осадочная толща расчленена на три стратиграфических подразделения, установлено ее ритмичное строение. Прослежены маркирующие горизонты и поверхности. Выделены литогенетические комплексы и установлена литолого-фациальная зональность аллювиально-пролювиальных отложений.

Впервые откартированы рудоносные зоны участка месторождения Ульзит, установлена их морфология, параметры и радиологические характеристики руд. Выявлено рудоконтролирующее значение контрастных литолого-фациальных границ и эпигенетической окислительно-восстановительной (redox) геохимической зональности.

Первые данные о вещественном составе руд месторождения Ульзит указывают на оригинальный фазовый состав урановой минерализации.

Апробирована методика анализа глубоко сорбированных газовых углеводородов, что для урановорудных месторождений Монголии применялось впервые.

На основе полученных данных впервые составлена генетическая схема рудообразования месторождения Ульзит.

Практическая значимость. Открыто новое урановое месторождение. Установленные автором закономерности формирования и строения рудовмещающей осадочной толщи, рудоконтролирующие факторы литолого-фациальной и эпигенетической redox зональности являются основой для продолжения систематических поисков и разведки новых урановорудных залежей на рудном поле месторождения Ульзит.

Выявленные формы урановой минерализации и результаты опыта выщелачивания урана из руд месторождения показывают возможность высокой степени его извлечения.

Учитывая возможность извлечения урана эффективным и экологичным способом СПВ, открытие месторождения несет вклад в становление собственной ресурсной базы радиоактивного энергетического сырья Монголии с учетом рациональных аспектов недропользования.

Выявленные закономерности формирования урановых руд месторождения Ульзит позволяют использовать модель рудообразования, как эталонную, для прогноза и поисков однотипных гидротермальных месторождений урана, подлежащих отработке прогрессивным способом СПВ, в зонах рифтогенеза Монголии и Центрально-Азиатского региона.

Защищаемые положения:

1. Ураноносная Ульзитинская депрессия сформирована в зоне сочленения двух глубинных разломов – Главного Монгольского Линеамента и Восточно-Гобийского сдвига. Урановое месторождение Ульзит локализовано в тафтогенном бассейне, представляющим собой асимметричный грабен Восточного Монголо-Забайкальского рифтового пояса и находится в наиболее сложном узле пересечения разнонаправленных тектонических нарушений, вблизи кристаллического обрамления, сложенного породами с радиогеохимической специализацией.

2. В разрезе рудовмещающих отложений месторождения Ульзит выделены манлайская и хухтэгская свиты нижнего мела и баянширинская свита верхнего мела. Осадочная толща сложена породами пестроцветно-красноцветной аллювиально-пролювиальной и сероцветной угленосной аллювиально-озерной литогенетическими ассоциациями и отличается резкими фаціальными переходами. Анализ керн опорных скважин и данных каротажа позволяет выделить маркирующие горизонты и поверхности, что служит надежной геологической основой для изучения закономерностей распространения стратиформного уранового оруденения.

3. Роллоподобные и линзовидные урановые залежи залегают многоярусно и контролируются контрастной фаціалью сменой грубообломочных пород конуса выноса глинисто-песчаными угленосными отложениями озерно-болотного бассейна. Наиболее продуктивные рудные тела месторождения Ульзит приурочены к выклиниванию фронта эпигенетического грунтово-пластового окисления, развивающегося субсогласно с контрастным фаціальным замещением.

4. Урановые руды месторождения Ульзит представлены тонкодисперсными минералами U^{+4} и U^{+6} , присутствующими как в кристаллической, так и в твердой гелеобразной форме. Основные рудные минералы – скупит, Са-фосфосиликат уранила и Р-содержащий коффинит. Вещественный состав руд месторождения благоприятен для извлечения урана способом СПВ.

Апробация диссертации и публикации. Результаты исследований докладывались и обсуждались на международных конференциях – «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, МГРИ-РГГРУ, 2013, 2015), симпозиум «Уран: геология, ресурсы, производство» (Москва, 2013), Exploration Roundup-2014 (Монголия, Улан-Батор, 2014).

Основные положения диссертации отражены в 7 печатных работах, в том числе в 3 статьях (журналы, рекомендованные ВАК РФ), 1 статье научно-отраслевого журнала Монголии («Хайгулчин»), 3 тезисах докладов международных научно-практических конференций.

Структура и объем работы. Диссертация объемом 158 страниц состоит из введения, 5 глав и заключения, содержит 87 рисунков, 15 таблиц, список литературы из 131 наименования. Содержание первых 4-х глав работы положено в обоснование защищаемых положений. В 5-й главе отражен взгляд автора на генетические аспекты рудообразования месторождения Ульзит.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность научному руководителю, профессору МГРИ-РГГРУ, доктору г.-м. н. П.А.Игнатову. Только благодаря его многолетней поддержке, вниманию, опыту, инициативе, свежим идеям талантливого ученого и мудрого наставника, чуткого товарища и терпеливого коллеги, смогла состояться эта работа, а также был проведен разноплановый научно-методический подход к совместному изучению вновь открытого месторождения Ульзит.

Автор благодарен руководству СП «Гурван-Сайхан» (Монголия) за предоставленную возможность использования геологических материалов и результатов геологоразведочных работ. В частности, Б.Бат-Очиру, директору СП «Гурван-Сайхан» и Терри Вейтсу, руководителю проекта СП в 1994-2015 гг. Благодарю весь коллектив СП за совместную динамичную и результативную работу по изучению урановых месторождений Монголии.

Работа по исследованию минералогического состава руд не могла состояться без помощи в.н.с. ИГЕМ РАН, доктора г.-м. н. О.А.Дойниковой. Искренне благодарю Ольгу Александровну за ее значительный вклад в подготовку совместной статьи, позитивную критику модели рудообразования, конструктивное обсуждение результатов и полезные советы.

Автор глубоко признателен Ж.Бадамгараву, М.Ю.Гурвичу, Н.Ичиннорову, С.Г.Кряжеву, В.С.Лебедеву, В.К.Овсову, Л.Т.Ракову, В.А.Рассулову за помощь в выполнении различных видов анализов и расчетов.

Благодарю сотрудников и преподавателей МГРИ-РГГРУ за их всестороннюю организационную поддержку при подготовке диссертации, прежде всего, профессора, доктора г.-м.н. А.А. Верчебу, а также О.В. Каржеву, Г.А.Копылову, М.С.Ходню, Н.Р.Зарипова и А.А. Бузина.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

1-е защищаемое положение: «Ураноносная Ульзитинская депрессия сформирована в зоне сочленения двух глубинных разломов – Главного Монгольского Линеамента и Восточно-Гобийского сдвига. Урановое месторождение Ульзит локализовано в тафrogenном бассейне, представляющим собой асимметричный грабен Восточного Монголо-Забайкальского рифтового пояса и находится в наиболее сложном узле пересечения разнонаправленных тектонических нарушений, вблизи кристаллического обрамления, сложенного породами с радиогеохимической специализацией».

Обоснование 1-го положения приведено в Главе 1 «Общие черты геологического строения района месторождения Ульзит», где на основе литературных источников и фондовых материалов, проведен анализ региональной геологической позиции и ураноносности района исследований.

Район месторождения расположен в Восточно-Гобийском регионе Монголии и находится в зоне влияния глубинных разломов системы **Главного Монгольского Линеамента (ГМЛ)**, маркирующего дугообразный выступ на южной границе Восточно-Сибирской платформы (Зоненштайн, 1973). Согласно современной тектонической схеме Монголии (Тумуртог, Бадарч и др., 2000) район Ульзитинской депрессии находится на контакте террейна Идермег, соответствующего области пассивной континентальной окраины, с узкой дугообразной островодужной зоной Их-Богдинского террейна (рис.1).

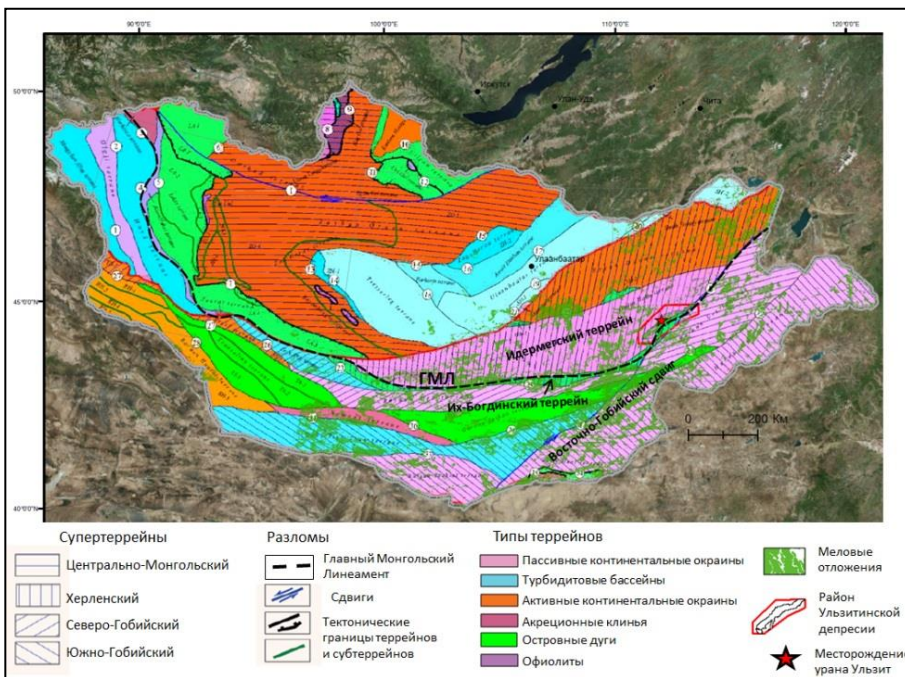


Рис.1. Позиция района Ульзитинской депрессии и месторождения Ульзит в региональных структурах Монголии, развитие вулканогенно-осадочных и осадочных отложений мелового возраста на тектонической схеме Монголии (по О.Тумуртог, 2002).

Асимметричный тектоно-осадочный бассейн протяженностью ~ 220 км находится в

пограничной зоне между двумя мегаблоками (северный каледонский и южный герцинский), сложенных преимущественно докембрийскими, нижне-палеозойскими и нижне-верхне-палеозойскими образованиями соответственно.

Ульзитинская эрозионно-тектоническая грабенообразная асимметричная структура расположена в зоне влияния Делгэрской системы глубинных разломов, являющихся северо-восточным продолжением ГМЛ. Следовательно, Ульзитинская депрессия находится в пограничной области между Центрально- и Южно-Монгольской складчатыми системами. Границей между ними служат Ундуршилинский и Делгэрский глубинные разломы, являющиеся составной частью ГМЛ (рис. 2).

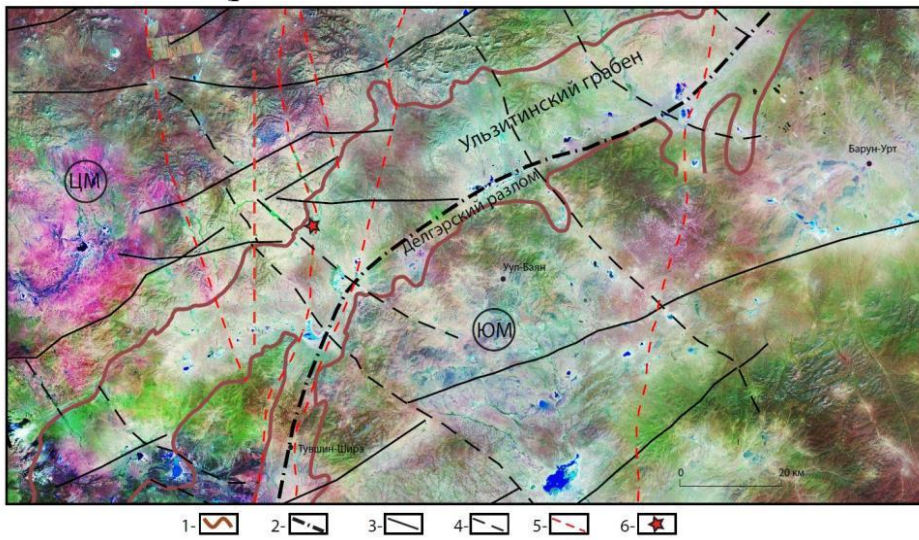


Рис. 2. Структурная схема района Ульзитинской депрессии (по Зем и др., 1982) на основе линеamentного анализа дистанционного зондирования.

1 – граница Ульзитинского грабена и одноименной депрессии; 2 – Делгэрский разлом – граница разновозрастных кор

(ЦМ – северный мегаблок Центрально-Монгольской складчатой системы; ЮМ – южный мегаблок Южно-Монгольской складчатой системы); 3 – структуроформирующие сбросо-сдвиговые нарушения В и СВ простирания; 4 – поперечные взбросо-сдвиговые нарушения СЗ простирания, определяющие мозаично-блоковый структурный план; 5 – сквозные субмеридианальные тектонические зоны; 6 – месторождение Ульзит.

Структурный план Ульзитинской депрессии определен трехлучевым узлом пересечения двух региональных структур – участка ГМЛ (Ундершилинский разлом) и участка Восточно-Гобийского левостороннего сдвига северо-восточного простирания (см. рис.1).

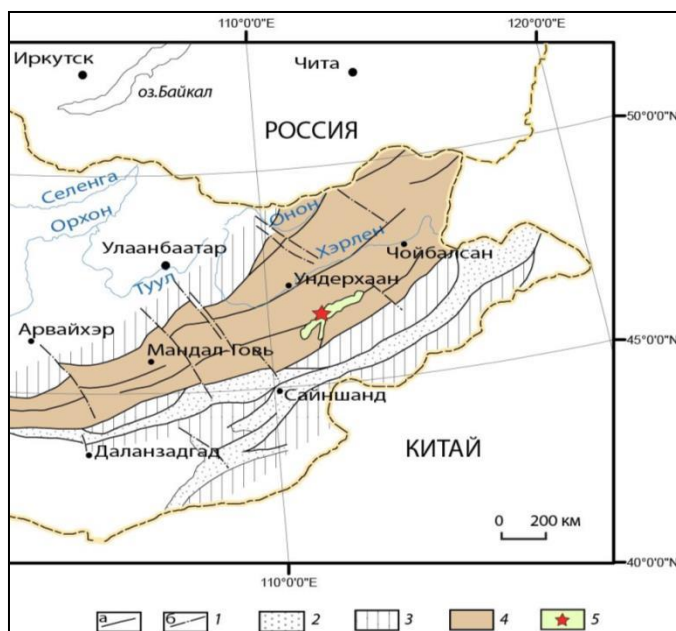


Рис. 3. Схема Восточного Монголо-Забайкальского рифтового пояса и позиция Ульзитинской депрессии (по материалам Филипповой И.Б., Хасина Р.А., Добролюбова В.А.)

1 – разломы: а – осевые рифтовые, глубинные магмо- и флюидо-подводящие, формирующие структурный план, б – поперечные сдвиги; 2 – рифтовые зоны прогибания и терригенного осадконакопления; 3 – краевые и внутририфтовые горстовые поднятия; 4 – зона растяжения с преобладанием вулканогенной и вулканогенно-осадочной формаций; 5 – Ульзитинская рифтогенная депрессия мелового возраста и месторождение Ульзит.

зона растяжения с преобладанием вулканогенной и вулканогенно-осадочной формаций; 5 – Ульзитинская рифтогенная депрессия мелового возраста и месторождение Ульзит.

Геодинамический режим растяжения в Восточной Монголии обусловил формирование региональной зоны с субпараллельными горстами и грабенами, слагающими *Восточный Монголо-Забайкальский рифтовый пояс*, в который входит район Ульзитинской депрессии (рис. 3). По аналогии с другими структурами этой зоны Ульзитинская депрессия – грабен внутриконтинентальной зоны рифтогенеза. Южная и восточная часть пояса образована системой прогибов и впадин, выполненных сероцветной угле- и нефтеносной с ураном молассой поздней юры – раннего мела.

Металлогения ряда полезных ископаемых, в том числе урана, связывается с зонами континентального рифтогенеза (Печенкин, Грушевой, 2015). Прослеживается пространственная связь между региональным структурным планом Монголии и ураноносностью. Аномальный радиогеохимический фон повышенных концентраций урана наиболее проявлен в Восточно- и Южно-Гобийском регионах, приурочен к Восточному Монголо-Забайкальскому рифтовому поясу и глубинным разломам (рис.4).

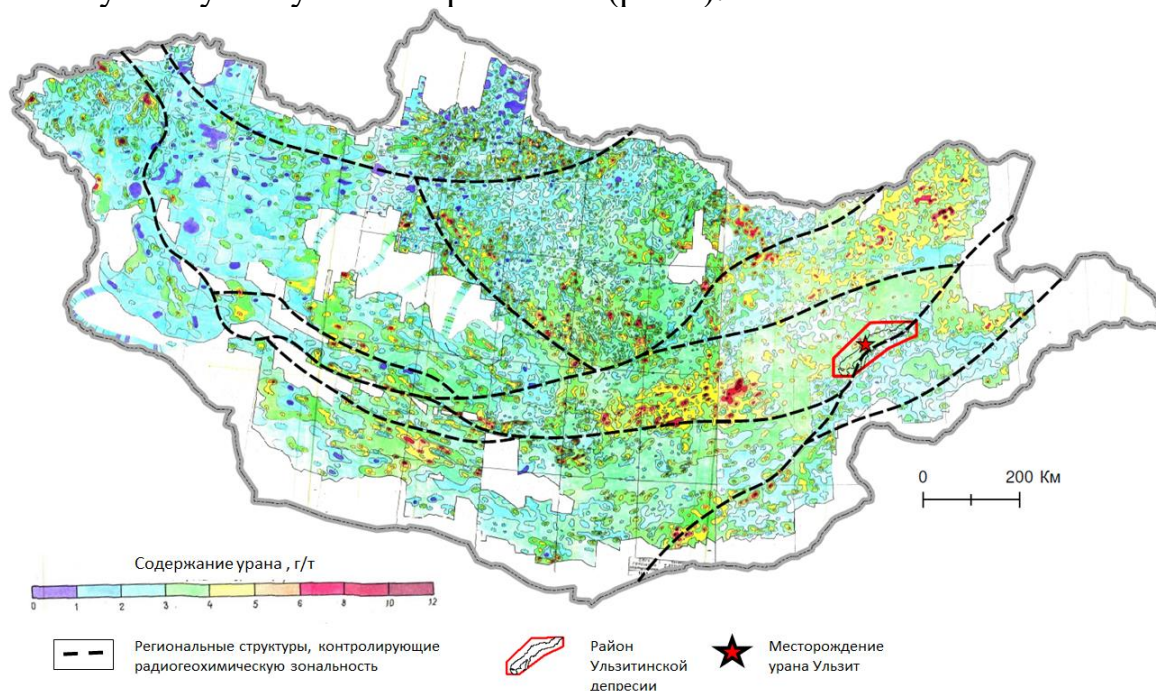


Рис.4. Позиция Ульзитинской депрессии и месторождения Ульзит на карте концентраций урана (по Высокоостровской Е.Б. и др., 1991) и региональных рудоконтролирующих структур Монголии.

Большинство известных месторождений и рудопроявлений урана Монголии приурочены к этой зоне. Такая закономерность характерна и для района Ульзитинской депрессии.

В строении района Ульзитинской депрессии выделяются два структурных яруса. Нижний ярус включает комплекс складчатых образований докембрия и палеозоя, сформировавших фундамент и *кристаллическое обрамление*. Верхний ярус представлен осадочными и вулканогенно-осадочными образованиями мезо-кайнозоя, сформировавшихся в платформенных условиях и слагающих *осадочный чехол* депрессии.

В кристаллическом обрамлении преобладают интрузивные и эффузивные образования палеозоя и мезозоя. Породы гранитного состава (биотит-роговообманковые граниты, плагиограниты, гранодиориты, диориты, пегматиты) наиболее широко развиты в северном обрамлении, тогда как вулканогенные и вулканогенно-осадочные комплексы пород имеют большее распространение в южном обрамлении депрессии. Наиболее молодые юрские интрузивные породы (граниты, grano-сиениты, пегматитовые граниты, пегматиты, аплиты) с повышенным радиогеохимическим фоном, развиты лишь в центральной части северного обрамления депрессии, в непосредственной близости от месторождения и обширной аномальной радиогеохимической зоны. Пространственная связь участка месторождения с областью развития этих гранитоидов указывает на источник урана.

Согласно классификации инфильтрационных месторождений (Шмариович, 1986) район месторождения Ульзит приурочен к малому артезианскому бассейну.

Ульзитинская депрессия имеет мозаично-блоковое строение. В формировании структурного плана играют роль три основные системы тектонических нарушений (см. рис.2): древние разломы северо-восточного простирания, согласующиеся с региональными структурами Юго-Восточной Монголии, долгоживущие и определившие формирование и асимметричную морфологию грабенообразной депрессии; сквозные долгоживущие региональные тектонические зоны субмеридионального простирания; поперечные разломы северо-западного простирания, обусловившие блоковое строение депрессии.

Рудное поле месторождения располагается вдоль северо-западного борта Ульзитинской депрессии. Оно представляется частью депрессии, в которой имеется узел пересечения региональных разломов. Трехлучевое сочленение тектонических зон контролирует ураноносные зоны месторождения Ульзит развитые в центральной прибортовой части, вблизи кристаллического обрамления с повышенным радиогеохимическим фоном. Максимальные радиогеохимические аномалии имеют линейный характер и развиваются вдоль тектонических нарушений.

В Главе 2 «Строение и состав рудовмещающих меловых отложений месторождения Ульзит» обосновано 2-е защищаемое положение: «В разрезе рудовмещающих отложений месторождения Ульзит выделены манлайская и хухтэгская свиты нижнего мела и баянширинская свита верхнего мела. Осадочная толща сложена породами пестроцветно-красноцветной аллювиально-пролювиальной и сероцветной угленосной аллювиально-озерной литогенетическими ассоциациями и отличается резкими фациальными переходами. Анализ керн опорных скважин и данных каротажа позволяет выделить маркирующие горизонты и поверхности, что служит надежной геологической основой для изучения

закономерностей распространения стратиформного уранового оруденения»

Данные о строении и составе прибортовой части Ульзитинской депрессии получены автором в процессе поисково-разведочных работ непосредственно на рудном поле месторождения Ульзит. Проанализированы разрезы по 27 опорным скважинам с хорошим выходом керна, с сопоставительным анализом электро- и гамма-каротажа. Осадочный чехол депрессии сложен терригенными слабо литифицированными отложениями нижнего и верхнего мела. Мощность осадочных пород – несколько сотен метров, предположительно до 1000 м и более (данные ВЭЗ) в осевой и южной прибортовой частях впадины (Самович и др., 1974).

Стратиграфия. На месторождении бурением вскрыты три толщи меловых отложений, залегающих несогласно на мезозойском гранитном фундаменте, которые отнесены соответственно снизу вверх к манлайской и хухтэгской свитам нижнего мела и баянширинской свите верхнего мела (рис. 5).

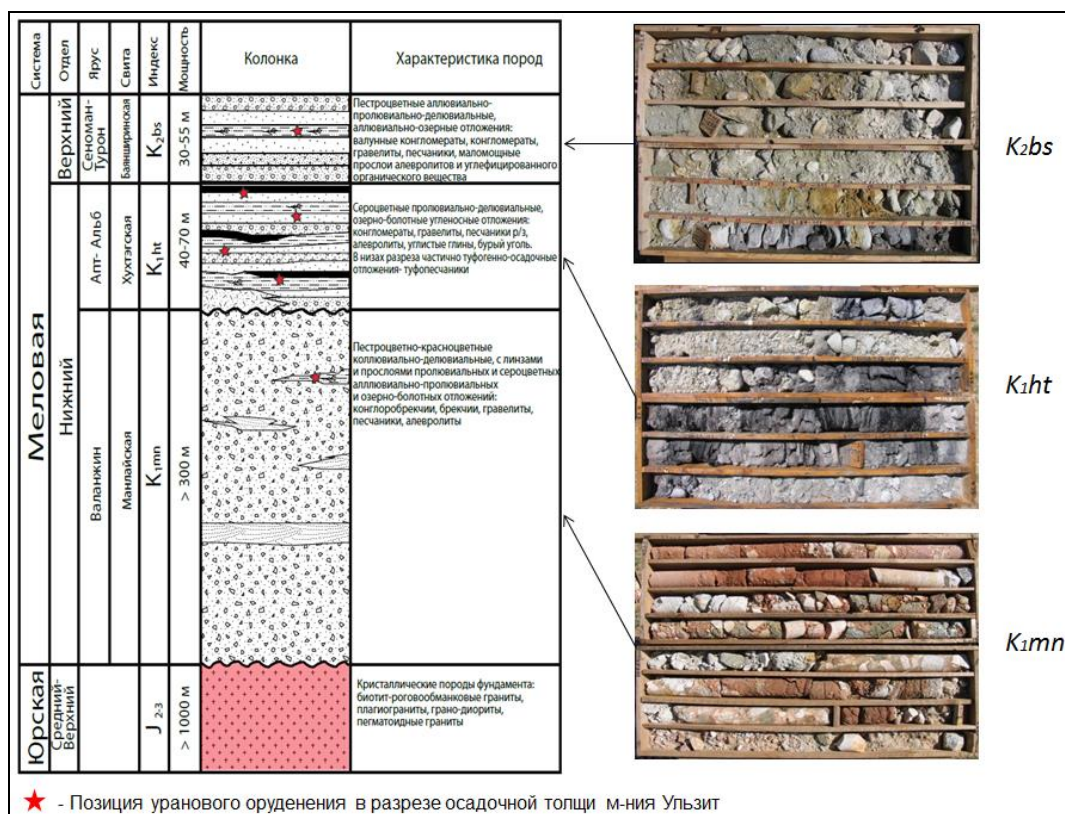


Рис.5. Сводная стратиграфическая колонка рудовмещающих отложений месторождения Ульзит.

Верхняя толща, K_{2bs} (верхний мел, баянширинская свита, сеноман-коньяк) – преимущественно аллювиально-пролювиальные пестроцветные валунные и разногалечные конгломераты с прослоями красно- и пестроцветных песчаников и гравелитов. Обломки, как правило, гранитных пород округлые, реже угловато-округлые. Встречаются маломощные (2-12 м) прослои

сероцветных отложений с фрагментами слабо углефицированной древесины. Мощность свиты до 55 м.

Средняя толща, K_{1ht} (нижний мел, хухтэгская свита, апт-альб). Сложена преимущественно сероцветными песчаниками и алевролитами со слоями гравелитов, аргиллитов и углей озёрного происхождения, содержит прослой и линзы аллювиально-пролювиальных и пролювиальных конгломератов, включая отложения грязекаменных потоков. Выделяется от трех до пяти седиментационных ритмов. Мощность 44–50 м.

При анализе образцов углистых аргиллитов и алевролитов, отобранных из керна скважины в северной части месторождения, сделано около 70 определений спор и пыльцы. Примерно 35% принадлежат спорам и 65% пыльце голосеменных. Среди спор преобладают *Syathidites* (доминируют *Syathiditesaustralis*, *Syathiditesminor*). В результате палеоботанических определений установлены: экземпляр единичного пера папоротника *Arctopteris* sp., отпечаток стробила *Equisetites* cf. *lateralis* Phillips (как *Equisetum* cf. *laterale*: Красилов, 1982), *Equisetites* vel *Equisetum* sp, семя типа *Samaropsis* sp. Результаты палеоботанических исследований подтверждают апт-альбский возраст отложений хухтэгской свиты.

Нижнюю толщу, K_{1tn} (нижний мел, манлайская свита, валанжин) ранее относили к верхам цаганцабской свиты нижнего мела, K_{1cc} (Мартинсон, Шувалов, 1973). В составе преобладают коллювиально-делювиальные отложения с подчиненным распространением пролювиальных, аллювиально-пролювиальных и озерных отложений. Разрезы свиты полностью сложены пестроцветными грубообломочными породами с пластами первично красноцветных песчаников. В разрезах отдельных скважин, на глубинах 125–180 м, имеется пачка сероцветных угленосных озерных отложений. Мощность свиты более 300 м.

Урановое оруденение не имеет четкой стратиграфической приуроченности, локализуется в горизонтах меловых отложений, обогащенных углефицированным органическим веществом и достигает наибольших размахов в угленосных породах хухтэгской свиты, отличающейся наибольшей литолого-фациальной неоднородностью.

Литогенетические ассоциации. В рудовмещающей толще месторождения Ульзит впервые выделены две ассоциации литогенетических типов меловых терригенных отложений (Гречухин, Игнатов, 2016) – **красноцветно-пестроцветные** и **сероцветные угленосные**. Во всех разрезах широко распространены грубозернистые породы – конгломераты, конглобрексии, гравелиты и песчаники.

В **пестроцветных** грубообломочных толщах выделяется три комплекса флювиальных образований, представленных коллювиально-делювиальными, пролювиальными и аллювиально-пролювиальными образованиями.

Угленосные ассоциации сложены озёрно-болотными сероцветными алевролитами, алевропесчаниками и аргиллитами, содержащими

углефицированные растительные остатки и детрит, маломощные прослои бурых углей.

Выделенные *литогенетические ассоциации* соответствуют комплексам юрско-меловых отложений, характерным для рифтогенных впадин Монголии: подгорно-верному, пролювиально-плосколопастному и пролювиально-фэновому болотному (Полянский, Бадамгарав, 1992). В разрезе характерно частое ритмичное чередование разных литогенетических типов, что свидетельствует о резких фациальных переходах.

Для участка месторождения составлена литолого-фациальная схема (рис. 6).

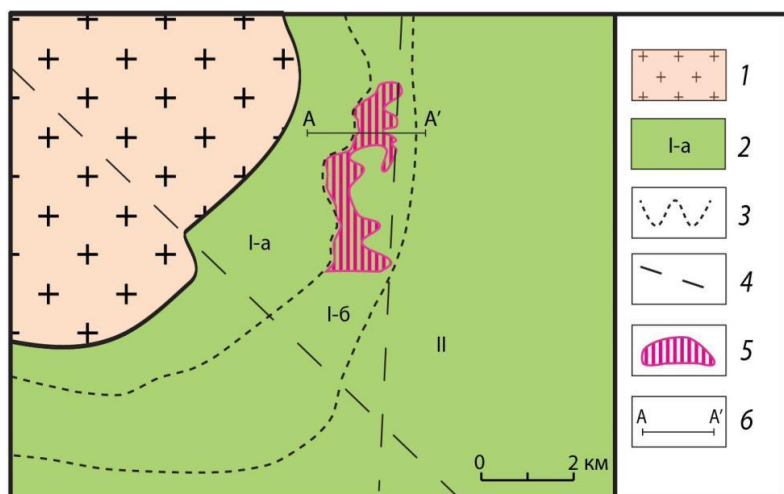


Рис. 6. Литолого-фациальная схема участка гидрогенного уранового месторождения Ульзит.

1 – пенепленизированное гранитное обрамление; 2 – терригенные отложения мелового возраста и их литолого-фациальные типы: I – фангломератовый конус выноса (Ia – красноцветно-пестроцветный грубообломочный аллювиально-пролювиально-делювиальный, Ib – переходный пестроцветно-сероцветный пролювиально-делювиально-озерно-болотный с

прослоями бурых углей), II – сероцветный озерно-болотный; 3 – литолого-фациальные границы; 4 – осевые линии основных разломов, контролирующих литолого-фациальную зональность; 5 – контур уранового оруденения; 6 – линия геоэлектрического разреза.

В пределах изучаемой площади месторождения проведена корреляция разрезов рудовмещающей толщи с сопоставлением документации керна, электро- и гамма-каротажа в керновых и бескерновых скважинах (рис. 7).

Основные типы пород меловой толщи существенно различаются по электрическому сопротивлению. Установлено, что верхние части угленосных седиментационных ритмов имеют маркирующее значение и уверенно прослеживаются как по изучению разрезов по керну, так и в диаграммах электро- и гамма-каротажа. Также, достаточно хорошо сопоставляются основания седиментационных мегаритмов по пластам и линзам грубообломочных пород, залегающих в основании баянширинской и хухтэгской свит.

Выделение маркирующих горизонтов и эрозионных поверхностей ускоряет корреляцию разрезов осадочной толщи и дает возможность создания корректной геологической основы для поисков новых урановорудных залежей на месторождении Ульзит.

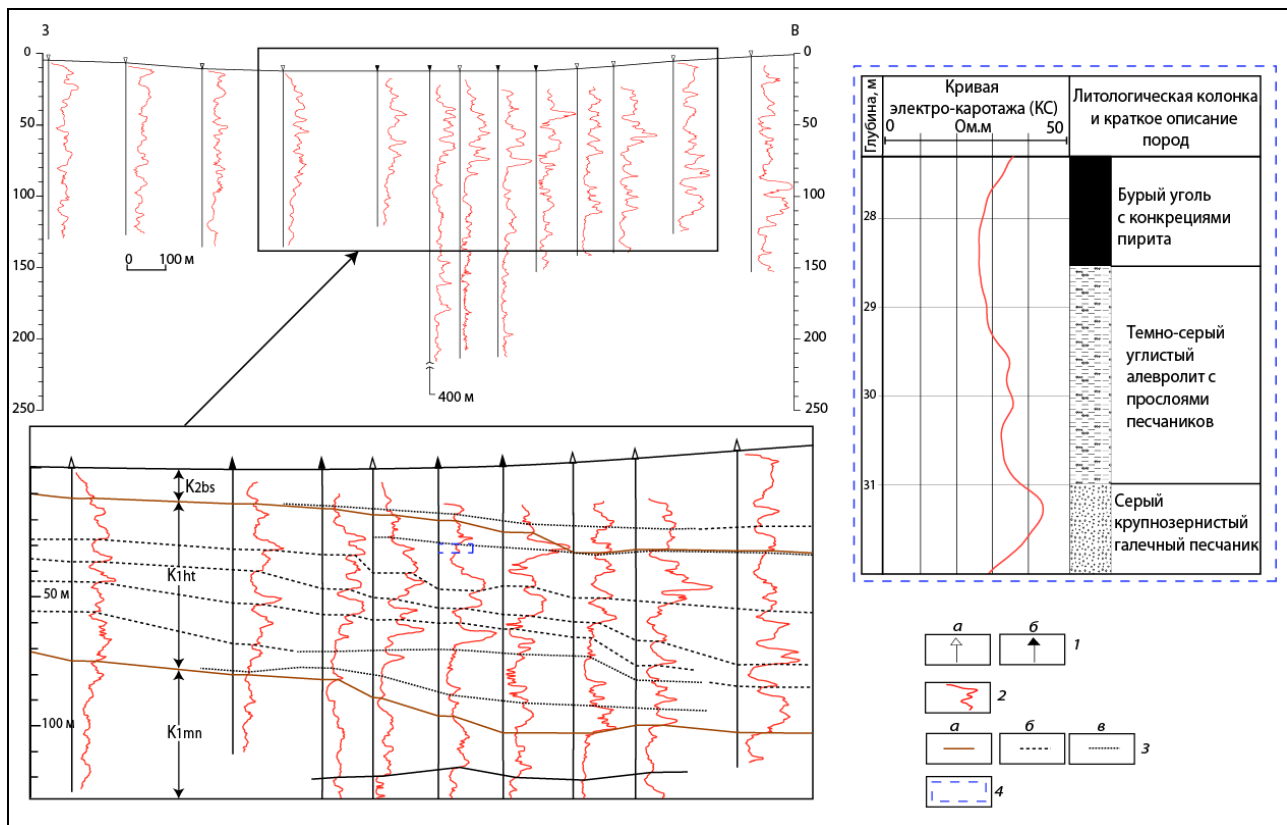


Рис.7. Геоэлектрический разрез по широтному профилю А-А' с примером выделения маркирующих горизонтов по керну и электрокаротажу (КС) в скважинах. 1 – скважины (а – бескерновые, б – с керном); 2 – диаграммы электрокаротажа (КС); 3 – маркирующие границы (горизонты: а – свит, б – седиментационных ритмов, в – буроугольных прослоев); 4 – пример типичного седиментационного ритма угленосных меловых отложений.

Обоснование 3-го защищаемого положения «Роллоподобные и линзовидные урановые залежи залегают многоярусно и контролируются контрастной фациальной сменой грубообломочных пород конуса выноса глинисто-песчаными угленосными отложениями озерно-болотного бассейна. Наиболее продуктивные рудные тела месторождения Ульзит приурочены к выклиниванию фронта эпигенетического грунтово-пластового окисления, развивающегося субсогласно с контрастным фациальным замещением» изложено в Главе 3 «Морфология рудоносных зон месторождения Ульзит и закономерности их локализации».

Разведанные урановые залежи месторождения Ульзит в плане формируют асимметричную линейно вытянутую полосу меридионального простирания, развитую более чем на 4 км при ширине 300-1000 м, тяготея к фронтальной дугообразной границе выклинивания верхне-меловых отложений обширного конуса выноса (рис.8).

Оруденение контролируется границей фациального замещения красноцветно-пестроцветной пролювиальной ассоциации на сероцветную угленосную аллювиально-озерную. Наблюдается отчетливая приуроченность рудоносных зон к границе окисленных и сероцветных пород. В большинстве

случаев контрастные литолого-фациальных переходы и границы redox геохимических зон согласуются.

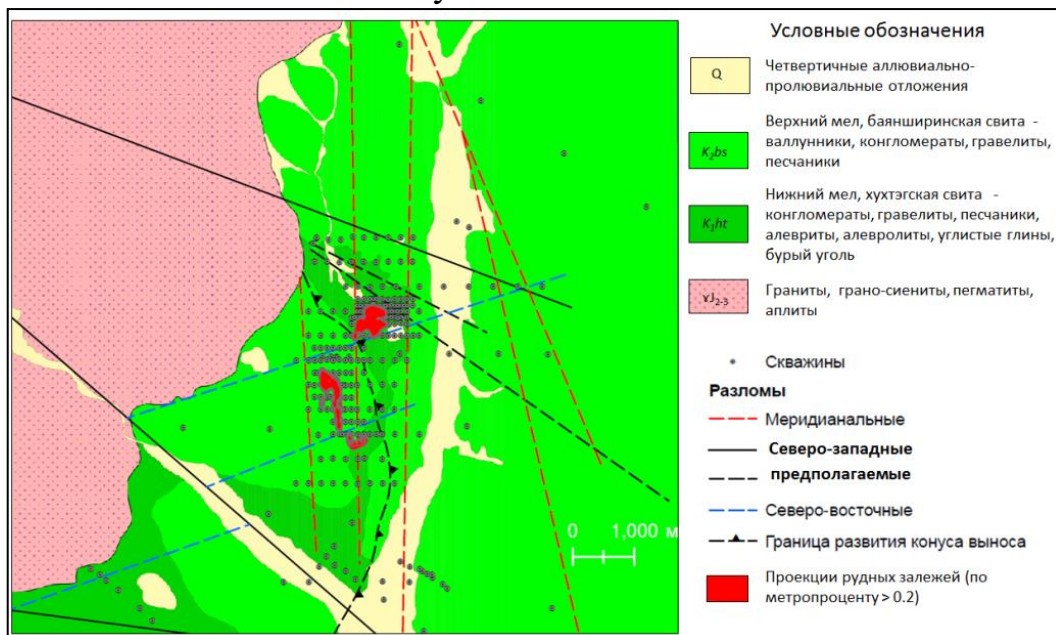


Рис. 8. Геолого-структурная схема участка м-ния Ульзит.

На месторождении выделены наиболее продуктивная и изученная **Северная** и предварительно разведанная **Южная** части, которые предположительно смещены относительно друг друга по пострудному разлому.

В разрезе **Северной** части выделены многоуровневые рудные тела сложных линзо-, ленто- и роллообразных форм на глубинах 10–180 м. Они залегают согласно с границей фациального перехода от пестроцветных отложений к сероцветным, насыщенным углефицированным органическим веществом, зачастую повторяя сложную форму фациальных переходов.

На северном участке месторождения предварительно выделены три уровня оруденения (рис. 9). Наиболее продуктивные урановорудные залежи находятся в пределах глубин 25-40 и 50-90 м среднего уровня. Мощность рудных интервалов 1-15 м, в среднем ~5 м, содержание урана 0.016-0.17%. Наиболее значимая минерализация локализована в кровле сероцветной толщи вдоль западной границы фациального изменения отложений, где содержания урана достигают 0.17% при мощности рудных сечений 7.5-12 м.

В **Южной** части месторождения также намечается два-три рудоносных уровня, которые соответствуют уровням рудных зон основной разведанной залежи Северной части. Рудные тела линзо-, лентообразной и роллоподобной морфологии контролируются контактом зон эпигенетического окисления и оглеения. Мощность рудных интервалов в южной части от 1 до 14 м. Они локализуются в проницаемых, слабопроницаемых и непроницаемых слаболигифицированных отложениях нижнемелового возраста. Содержания урана – 0.011-0.128%.

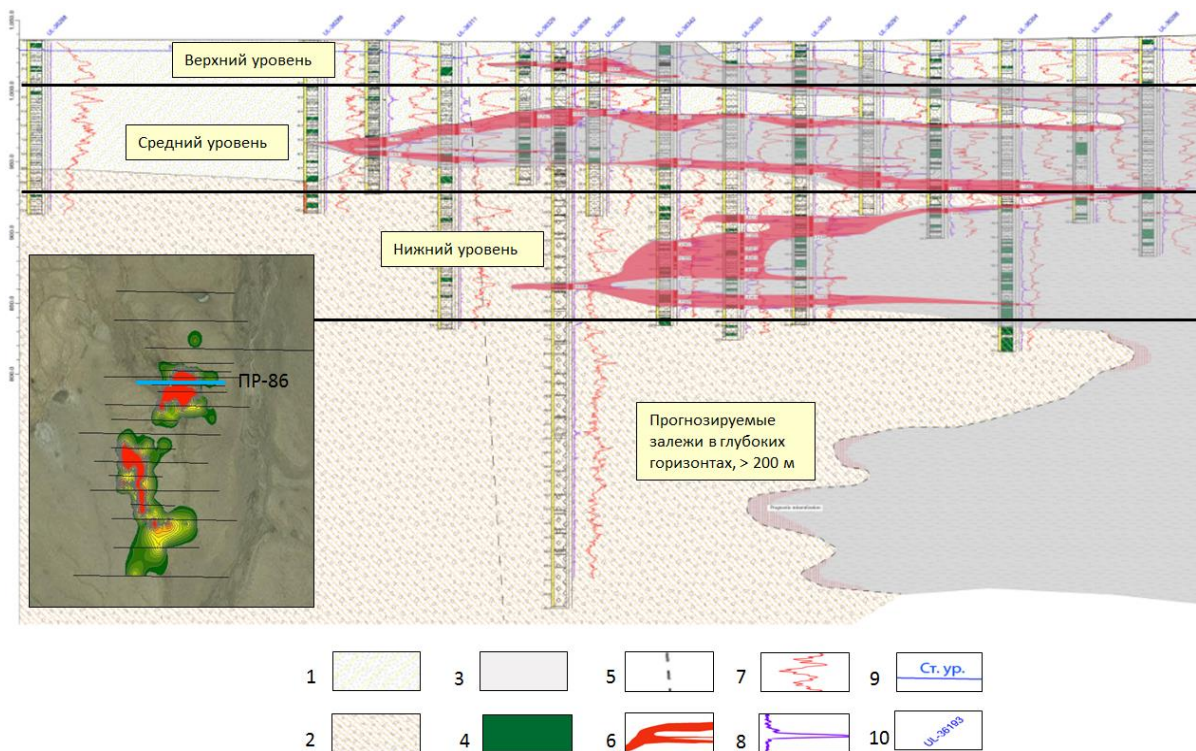


Рис. 9. Три уровня уранового оруденения, северная часть месторождения Ульзит. 1 – эпигенетическое окисление по песчано-конгломератовым отложениям; 2 – пластово-поровое эпигенетическое окисление по красноцветно-пестроцветным грубообломочным отложениям; 3 – сероцветные угленосные озерно-болотные отложения; 4 – слабопроницаемые отложения (алевролиты, глины, углистые глины); 5 – предполагаемые разломы; 6 – урановорудные залежи; 7,8 – кривые электро- и гамма-каротажа; 9 – статический уровень подземных вод; 10 – поисково-разведочные скважины.

При документации керн опорных скважин классифицированы признаки вторичных изменений. Установлено: ведущим процессом вторичного минералообразования на месторождении Ульзит является *эпигенетическое окисление*, выраженное в развитии гидроксидов железа по порам и трещинам в водопроницаемых нижнемеловых отложениях. Преобладают пластово-поровые и прожилково-трещинные формы проявления окисления. Зона окисления имеет сложную заливообразную форму. Её развитие, по-видимому, связано с процессами поверхностного, грунтового окисления и подрусловым потоком подземных вод в меридиональном направлении по предполагаемой палеодолине и от западного борта депрессии. Это способствовало формированию зон субпластового окисления и, как следствие, частичному образованию роллообразных рудных тел. В целом, рудоформирующий тип эпигенетического окисления определен как *грундово-пластовый*.

На месторождении отмечены зоны эпигенетического осветления, обеления и участки каолинитизации, пространственно связанные с рудоносными зонами и, предположительно, с постседиментационными субвертикальными тектоническими нарушениями. Последние возможно были проводниками восстановительных растворов и имели рудоконтролирующее значение.

Содержание **Главы 4 «Вещественный состав урановых руд месторождения Ульзит»** служит основой **4-го защищаемого положения: «Урановые руды месторождения Ульзит представлены тонкодисперсными минералами U^{+4} и U^{+6} , присутствующими как в кристаллической, так и в твердой гелеобразной форме. Основные рудные минералы – скупит, Са-фосфосиликат уранила и Р-содержащий коффинит. Вещественный состав руд месторождения благоприятен для извлечения урана способом СПВ».**

Комплексное изучение вещественного состава урановых руд месторождения Ульзит проводилось впервые. Исследованиями установлен алюмосиликатный низкокарбонатный монометалльный тип урановых руд. Сопутствующие элементы (Mo, Re, V и др.) не образуют самостоятельных рудных скоплений и отражают типичный для гидrogenных месторождений геохимический фон.

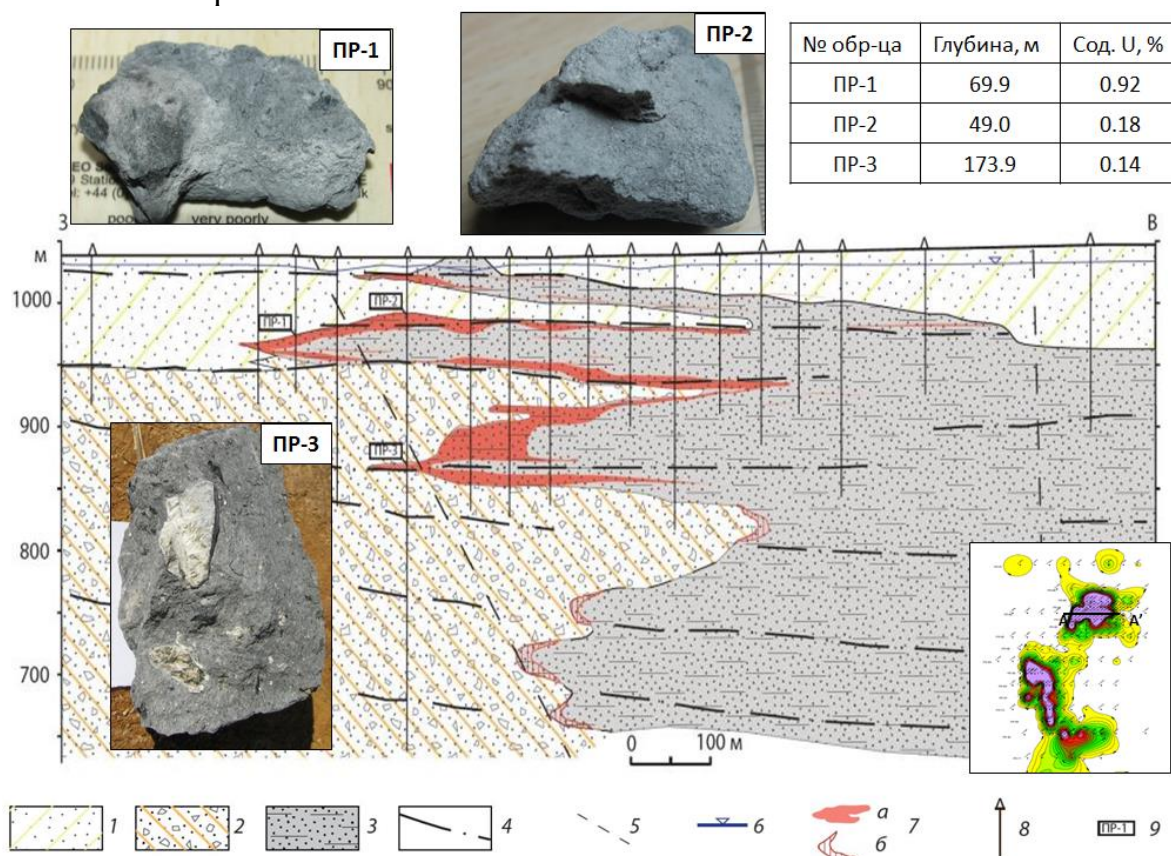


Рис. 10. Схематический геологический разрез рудовмещающих отложений месторождения Ульзит; рудные образцы и места их отбора. 1 – поверхностно-грунтовое окисление проницаемых песчано-конгломератовых отложений; 2 – пластово-поровое окисление красноцветно-пестроцветных грубообломочных отложений конуса выноса; 3 – сероцветные озерно-болотные отложения (восстановительная среда); 4 – уровни водоупорных пород по керну и электрокаротажу (внемасштабные); 5 – предполагаемые разломы; 6 – уровень подземных вод; 7 – урановорудные залежи: а – разведанные, б – прогнозируемые; 8 – поисково-разведочные скважины; 9 – позиция проб для изучения вещественного состава.

Изучение фазового состава рудной минерализации месторождения выполнено впервые (Гречухин, Дойникова, 2016). Исследования типичных

рудных образцов (рис. 10) проведены в лаборатории кристаллохимии минералов ИГЕМ РАН методами аналитической сканирующей электронной микроскопии (JSM-5610, ЭДС Link) под руководством д.г.-м.н. О.А.Дойниковой.

В рудах месторождения Ульзит установлены две основные формы урановой минерализации близкие по химическому составу, но различные по степени раскристаллизации вещества – *кристаллическая* и *гелеподобная*.

Кристаллическая форма рудного минерала фиксируется во всех изученных образцах и имеет сходный фосфосиликатный состав (рис.11).

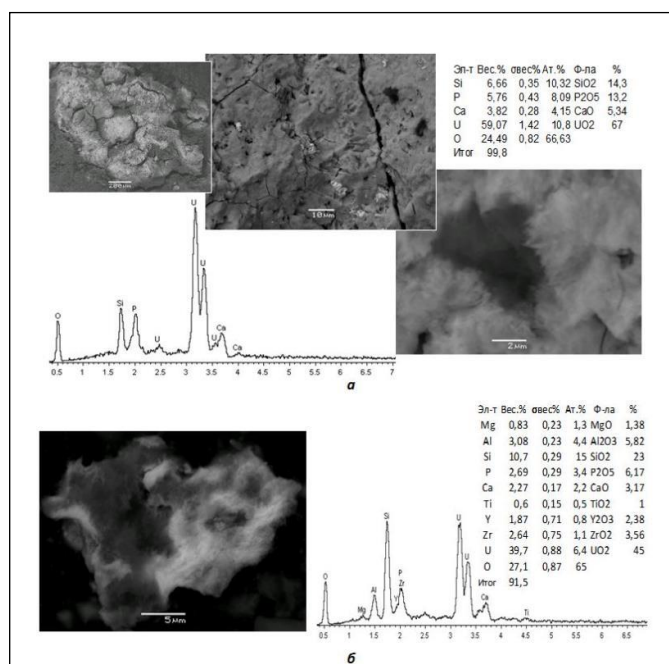


Рис. 11. Фосфосиликат урана: а – корочка (последовательное увеличение); б – тонкопластинчатые выделения (светлое) по глинистой частице; ВSEспектры состава и результаты ЭДС анализа. Образец ПР-3.

Основные элементы рудного минерала – U, Ca, P, Si. Во всех образцах в составе пластинчатого минерала выдерживаются атомные соотношения $(U+Ca):P=2:1$. В анионном составе Si преобладает над P. Атомные соотношения главных минералообразующих элементов близки к идеализированной формуле богатого

фосфором коффинита $U,Ca[(Si,P)O_4]$ из палеодолинного месторождения Далматовское, Зауралье, Россия (Дойникова и др., 2009). Однако, пластинчатая морфология микрокристаллов существенно отличается от характерных форм коффинита, что без привлечения других диагностических методов, позволяет определить его не точнее, чем *кальциевый фосфосиликат урана*; пластинчатая морфология предположительно свидетельствует о шестивалентной форме урана.

Гелеподобная форма урановой минерализации слагает нераскристаллизованные выделения уранового материала с примесями различных минеральных компонентов. В составе частиц колломорфного облика присутствуют, в разных пропорциях, алюмосиликатная и сульфидная составляющие (рис.12, спектры). Плохая дифференциация рудного вещества, характер сколов и трещин указывают на слабую раскристаллизацию и первоначально гелевый характер рудной фазы.

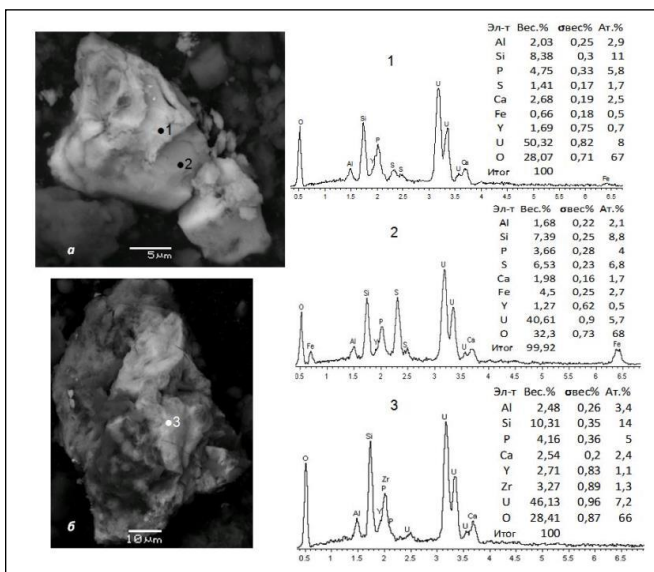


Рис. 12. Крупные частицы неоднородной ураново-рудной минерализации (светлое) в глинистой массе (серое). Спектры состава и результаты ЭДС анализа в отмеченных точках. Образец ПР-3

Судя по частоте находок в препаратах, гелеподобные выделения представляют рудную минерализацию наравне с кристаллической формой.

В образце ПР-3 установлен также рудный минерал преимущественно уранового состава (с примесями Al, Si, P); он

представлен как кристаллической, так и коллоидной формой (рис. 13).

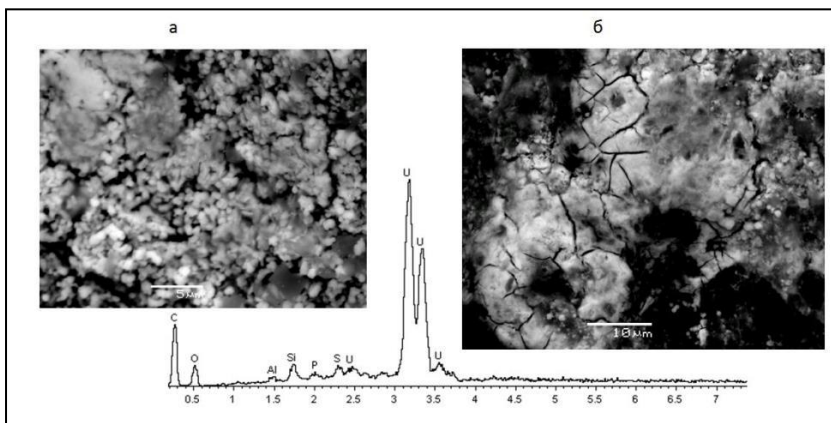


Рис. 13. Корки кристаллического (а) и коллоидной (б) скупита и характерный спектр состава.

Пластинчатая морфология кристаллических выделений позволяет предварительно диагностировать минерал как простой гидроксид уранила - скупит.

Субмикронные кристаллы рудного минерала из образца ПР-2, весьма сходные по морфологии с коффином, содержащим фосфор, предварительно

определены как коффинит (рис. 14).

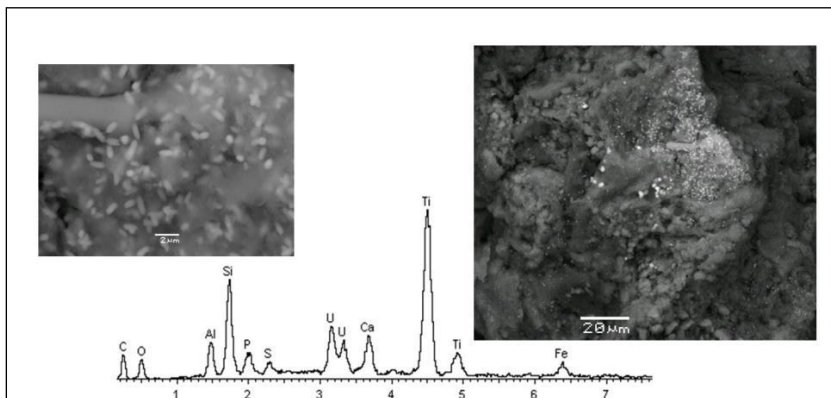


Рис. 14. Сильно изменённое зерно первичного титаната (светлое, серое) в алюмосиликатной массе (темно-серое) с пиритом (яркие точки) и игольчатой урановой минерализацией (светлый край). Образец ПР-2.

По игольчатой морфологии микронные кристаллы этой рудной фазы похожи на U^{4+} -силикат коффинит (P-содержащий) и на CaU^{4+} -фосфат – нингиоит. В структуре нингиоита кристаллохимически допускается

изоморфизм групп PO_4 и SO_4 , а также катионов Ca^{2+} и Fe^{2+} , что позволяет включать пики S и Fe, фиксируемые в спектрах, в состав минерала. Кремний же в составе нингиоитов ранее фиксировался крайне редко и только в виде незначительной примеси. Столь же редко кальций встречается в составе коффинитов. Предполагается, что найденные здесь вытянутые кристаллы представляют минеральную разновидность ряда нингиоит-коффинит, где структурно допустимы замещения Ca-U-Fe^{2+} в катионной части формулы и Si-P-S в анионной.

Для выяснения валентного состояния урана в рудных образцах использована методика локальной лазерной люминесцентной спектроскопии. При облучении лазером песчанистого материала рудных проб на отдельных частицах наблюдалось зелёное люминесцентное свечение, приуроченное к местам выделения урановой минерализации. Такой цвет люминесценции указывает на присутствие уранильной группировки $(\text{U}^{+6}\text{O}_2)^{+2}$ в составе изучаемых минералов, что фиксируют и полученные спектры люминесценции.

В рудах месторождения Ульзит установлены две минеральные формы уранила U^{+6} – Са-фосфосиликат и гидроксид скупит. Минеральная форма U^{+4} представлена Р-содержащим коффинитом. Он образуется в восстановительных условиях, связанных с микробиальным разложением углефицированного органического вещества, которое служит источником фосфора (Дойникова, 2016). Совместное нахождение минералов урана окисленной и восстановленной формы интерпретируется как существование локально неравновесных условий в пограничных участках рудной толщи.

Для предварительного изучения геотехнологических свойств руд были отобраны четыре пробы из керна скважин, где урановая минерализация локализована в проницаемых слаболигифицированных отложениях – мелко-среднезернистых песчаниках, обогащенных углефицированным веществом. Опыт по статическому выщелачиванию урана проводился на базе Центральной Геологической Лаборатории Монголии (г. Улан-Батор). Изучалась комплексная усредненная проба с нарушенной структурой, весом 11.5 кг. Предварительно, методом XRF и химическим анализом, в пробе были определены содержания урана, тория и других химических компонентов, влияющих на процесс выщелачивания. Среднее содержание урана в пробе 882 ppm по результатам XRF и 807 ppm по результатам химического анализа.

Выщелачивание проводилось 31 день водным раствором серной кислоты различной концентрации – 5, 10 и 20 г/л. Результаты опыта представлены на графике (рис. 15). Опытном определены хорошие показатели извлечения урана из руд по сернокислотной схеме выщелачивания. При использовании раствора с концентрацией серной кислоты 5 г/л извлечение урана составило 86%, для растворов с концентрацией 10 и 20 г/л – 96.7 и 97.8% соответственно. Из результатов опыта также следует, что вполне удовлетворительное извлечение урана достигается даже с применением слабо кислых растворов. Раствор с концентрацией кислоты 10 г/л увеличивает извлечение металла на 10%, а

повышение концентрации до 20 г/л лишь увеличивает скорость химической реакции, несущественно повышая выщелачиваемость урана.

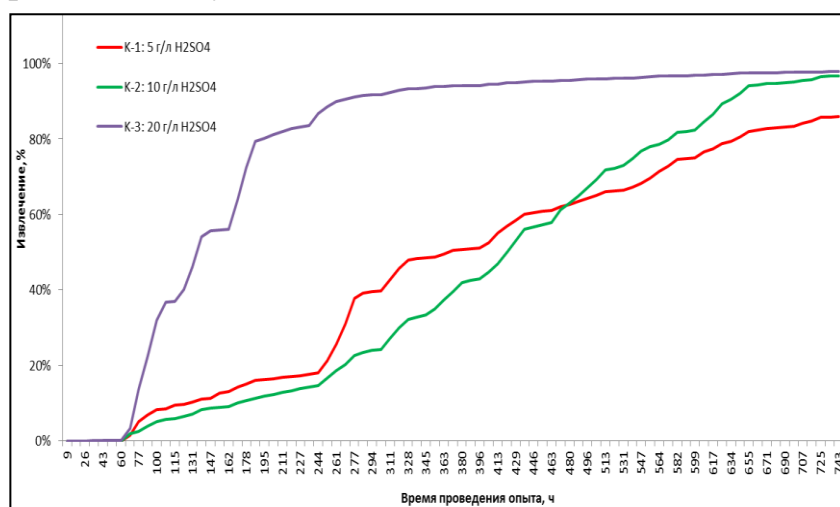


Рис. 15. График кинематики лабораторного статического выщелачивания урана из руд месторождения Ульзит сернокислотным раствором разной концентрации.

Проведенные испытания малообъемных керновых проб предварительно дают положительную оценку геотехнологических

параметров руд месторождения Ульзит. Высокая степень извлечения урана определяется вещественным составом руд, в том числе преобладающей уранильной формой рудной минерализации.

Пригодный, для извлечения способом СПВ, тип руд месторождения Ульзит, подтвержден рядом других лабораторных методов исследования по изучению их вещественного состава. Так результаты предварительного исследования радиологических свойств руд указывают на их равновесный характер и низкую вариацию радиологических свойств относительно глубины и мощности. Вклад других натуральных гамма-излучателей, прежде всего, тория и калия, незначителен. В работе даны практические рекомендации для интерпретации рудных интервалов по данным интегрального гамма-каротажа и для подсчета запасов.

В Главе 5 «Вопросы генезиса месторождения Ульзит» сделаны предварительные выводы об основных рудоформирующих процессах месторождения. Модель рудообразования учитывает полученные впервые геологические данные и результаты прецизионных методов исследования. В числе последних – результаты изучения состава и содержания остаточных углеводородов (ОУВ), изотопного состава серы пирита и измерений радиационных дефектов зерен кварца из рудовмещающих отложений месторождения Ульзит.

Анализ 20 проб из наиболее глубокой (420 м) и представительной керновой скважины методом газовой хроматографии проведен в лаборатории кафедры геоэкологии МГРИ-РГГРУ под руководством доктора т.н. В.С.Лебедева. Установлена четкая связь между аномально высокими содержаниями ОУВ в рудовмещающих породах и урановым оруденением. Это подтверждает предположение о локализации руд урана в зоне выклинивания грунтово-пластового окисления в условиях экзодиагенеза на контрастном восстановительном геохимическом барьере, где под воздействием сообщества микроорганизмов протекали активные процессы газообразования, что и

отражается в повышенном содержании ОУВ на участках урановой минерализации. Предварительно выявлено различие распределения предельных и непердельных ОУВ в отложениях разных стратиграфических уровней урановой минерализации, что зафиксировано впервые для гидrogenных месторождений урана. Эти данные заслуживают дальнейшего изучения.

Анализ 8 образцов пирита из рудовмещающих отложений, проведенный в ЦНИГРИ под руководством доктора г.-м.н. С.Г.Кряжева, показал широкий диапазон изотопного состава серы от -25‰ до +18.8‰, что также подтверждает инфильтрационный генезис урановых руд месторождения Ульзит и широкое развитие среды с участием микробимальной сульфат-редукции, благоприятной для уранового рудообразования.

На длительность рудообразующего процесса указывают результаты исследования радиационных дефектов в 32 образцах зерен кварца из рудовмещающей толщи методом электронного парамагнитного резонанса (проведен в ВИМС под руководством д.г.-м.н. Л.Т. Ракова). Измерения и расчеты позволяют дать предварительную оценку возрасту руд месторождения Ульзит, как полистадийную, с временным интервалом формирования урановых руд в 50-7 млн. лет.

Предложена следующая генетическая последовательность образования урановой минерализации:

1. Образование крупного мезозойского тектоно-осадочного бассейна (Ульзитинская депрессия) в поясе континентального рифтогенеза Восточной Монголии.

2. Пульсационные воздымания горного обрамления депрессии и накопление ритмичных терригенных слаболитифицированных отложений мелового возраста крупного конуса выноса (наземной дельты) в краевой части озерно-болотного бассейна, формирование протяженной зоны литолого-фациальной неоднородности.

3. Поступление кислородсодержащих ураноносных вод в условиях аридного климата из размываемых гранитных пород обрамления (область питания) и аркозов прибортовой части депрессии (область транзита) с повышенным радиогеохимическим фоном.

4. Распространение грунтового и субпластового окисления, связанного с инфильтрацией подземных вод по проницаемым пестроцветно-красноцветным аллювиально-пролювиальным отложениям.

5. Формирование контрастных геохимических барьеров, контролирующих урановую минерализацию на границе зон окисления с малопроницаемыми сероцветными угленосными озерно-болотными отложениями, углефицированное органическое вещество которых играло роль основного восстановителя.

6. Рудоотложение, обусловленное восстановлением урана, в результате микробимальной деятельности сульфат-редуцирующих бактерий при окислении органического вещества озерно-болотных сероцветных отложений.

7. Цикличность и многостадийность рудоформирующих процессов, в первую очередь за счет пульсационного характера осадконакопления рудовмещающей толщи и гидродинамического режима (циклы орогенеза-денудации горного обрамления депрессии).

8. Непрерывное перераспределение урана, в том числе его переотложение в уранильной форме, обусловленное окислением первичных урановых руд в результате дальнейшего непрерывного поступления кислородсодержащих вод.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены следующие основные **научные результаты**:

1. Проанализирована позиция Ульзитинской депрессии в структурах Монголии, которая наряду с геодинамическим режимом развития региона определила формирование протяженного глубокого грабенообразного тектоно-осадочного малого артезианского бассейна, благоприятного для осадконакопления рудовмещающих толщ мелового возраста и активного гидродинамического режима.

2. Впервые в прибортовой части Ульзитинской депрессии проведено стратиграфическое расчленение рудовмещающего осадочного чехла. В строении ритмичной меловой толщи выделено три свиты. Определены две литогенетические ассоциации – красноцветно-пестроцветные грубообломочные пролювиальные и сероцветные угленосные мелководного озерно-болотного бассейна. Впервые выделены маркирующие поверхности, позволяющие проводить корреляцию разрезов.

3. Впервые установлена морфология и многоярусное строение рудоносных зон месторождения с большим размахом оруденения по глубине. Определены основные рудоконтролирующие факторы – эпигенетическое палеогрунтовое и субпластовое окисление, которое развивается по наиболее проницаемым грубообломочным отложениям пестроцветно-красноцветной формации и резкая литолого-фациальная изменчивость рудовмещающей толщи. Классифицировано вторичное минералообразование в рудовмещающих отложениях. Отмечена связь зон вторичного осветления с рудоносными и тектоническими зонами.

4. Предварительно изучен вещественный состав руд. Аналитические методы исследования: газовая геохимия, изучение изотопного состава серы пиритов и радиационных дефектов в кварце – были применены впервые не только для руд месторождения Ульзит, но и в целом для урановых месторождений Монголии. Методами АСЭМ предварительно определен фазовый состав тонкодисперсной урановой минерализации, представленный минералами 6-ти и 4-х валентного урана с превалированием уранильной формы. Выявлены две формы выделения урановой минерализации – кристаллическая и гелеобразная нераскristализованная.

Практическое значение работы заключается в следующем:

1. Открыто новое месторождение урана и создана комплексная геологическая основа для продолжения систематических поисков и разведки новых урановорудных залежей на участке месторождения Ульзит.

2. Методика выделения маркирующих горизонтов и поверхностей в рудовмещающей меловой толще позволяет проводить корреляцию разрезов с использованием минимального количества опорных керновых скважин при основном объеме бескернового бурения.

3. Данные о литологических характеристиках рудовмещающей толщи и вещественном составе руд месторождения указывают на возможность применения высокотехнологичного способа СПВ с низкой себестоимостью извлекаемого урана, что важно как с экономической так и с геоэкологической точки зрения. Результаты лабораторного опыта выщелачивания показали применимость сернокислотных растворов с низкой концентрацией H_2SO_4 для извлечения урана с высокими показателями.

4. Выявленные закономерности локализации урановой минерализации могут использоваться для поиска однотипных гидрогенных месторождений урана в регионе. На примере месторождения Ульзит показано, что на стадии локального прогноза дополнительное применение структурных критериев может существенно ускорить выявление новых рудоносных зон.

Рекомендации. Степень изученности месторождения Ульзит не высокая. Относительно хорошо разведана северная часть, в то время как плотность буровой сети в южной части гораздо ниже. Автор считает необходимым продолжить изучение месторождения в южном направлении вдоль внешнего контура мелового конуса выноса и меридиональной тектонической зоны с обязательным бурением опорных керновых скважин. Кроме того, вывод о неравновесной геохимической среде, особенно, в нижних стратиграфических уровнях урановой минерализации, позволяет прогнозировать новые рудоносные зоны в более глубоких горизонтах, что также требует изучения бурением.

На месторождении слабо изучена природа эпигенетического осветления и обеления рудовмещающих отложений. Детальное картирование этих зон требует уточнения геохимической зональности, а предположение о низкотемпературной гидротермальной природе этих зон требует научного обоснования.

Приведенные в работе данные о минеральном составе урановой минерализации носят предварительный характер. В дальнейшем следует продолжить изучение минерального состава рудной минерализации методом АСЭМ.

Требуется уточнения: источник урана, а также возможное участие газовых восстановителей (в первую очередь водорода), предположительно поступавших по долгоживущим тектоническим зонам.

На месторождении необходимо детализировать изучение фильтрационных свойств рудовмещающих толщ и провести натурный опыт СПВ для окончательного вывода о выщелачиваемости руд и выборе параметров геотехнологической схемы.

Список опубликованных работ автора по теме диссертации:

1. **Гречухин М.Н.**, Игнатов П.А. Новое гидрогенное месторождение урана Ульзит в Монголии // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, Москва, 2014, № 4, с. 27-33.

2. **Гречухин М.Н.**, Игнатов П.А. Строение и состав меловых угленосных отложений прибортовой части Ульзитинской рифтогенной депрессии в Восточно-Гобийском районе Монголии // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка, Москва, 2016, № 6, с. 22-28

3. **Гречухин М.Н.**, Дойникова О.А., Игнатов П.А., Рассулов В.А. Условия локализации и минеральный состав руд гидрогенного уранового месторождения Ульзит, Монголия // Геология рудных месторождений, Москва, 2016, т. 58, № 3, с. 251-266.

4. **Гречухин М.Н.**, Бат-Очир Б., Игнатов П.А. Открытие месторождения Ульзит – пример новой разновидности гидрогенного рудообразования в Восточно-Гобийском районе Монголии // Тезисы третьего международного симпозиума «Уран: геология, ресурсы, производство», Москва, ВИМС, 2013, с. 38-40.

5. **Гречухин М.Н.**, Игнатов П.А. Закономерности локализации гидрогенного уранового оруденения месторождения Ульзит в Восточно-Гобийском районе Монголии // Тезисы докладов XI международной конференции «Новые идеи в науках о Земле», Москва, МГРИ-РГГРУ, 2013, с. 308-309.

6. Лебедев В.С., Игнатов П.А., **Гречухин М.Н.**, Стукалова И.Е. Исследование остаточных углеводородородов в породах уранового месторождения Ульзит, Монголия // Тезисы докладов XII международной конференции «Новые идеи в науках о Земле», Москва, МГРИ-РГГРУ, 2015, с. 153.

7. **Гречухин М.Н.**, Мөнхцэнгэл Ц., Игнатов П.А. Зуунбусэдшинээрнээгдсэн Өлзитийн ураны гидрогениордын геотектоникий нонцлог, уунийгашиглах боломж // Хайгулчин, Улаанбаатар, 2014, № 50, с. 235-241.