

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА»

Институт геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова

Кафедра Геологической съемки, поисков и разведки месторождений полезных
ископаемых

Әлібекқызы Аяулым

«Минералогическое изучение песчаных ураноносных горизонтов месторождения
Семизбай для выявления характера распределения и формы нахождения урана»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

7М07206 – Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА»

Институт геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова

Кафедра Геологической съемки, поисков и разведки месторождений полезных
ископаемых

Әлібекқызы Аяулым

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

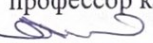
На соискание академической степени магистра

Название диссертации: «Минералогическое изучение песчаных ураноносных горизонтов
месторождения Семизбай для выявления характера распределения и формы нахождения
урана»

Направление подготовки: 7M07206 – Геология и разведка месторождений твердых
полезных ископаемых

Научный руководитель

кандидат геолого-минералогических наук,
профессор кафедры ГСПиРМПИ

 Аршамов Я.К.

«10» 01 2025 г.

Рецензент

Заведующий лабораторией

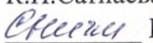
Геологии мезозоя и кайнозоя,

Доктор геолого-минералогических наук,

ассоциированный профессор

институт Геологических наук

К.И.Сатпаева

 Нигматова С.А.

«13» января 2025 г.

Нормоконтроль

PhD, ассоциированный профессор кафедры
ГСПиРМПИ

 Кембаев М.К.

«10» 01 2025 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

PhD, ассоциированный профессор
кафедры ГСПиРМПИ

 Байсалова А.О.

«13» января 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА»

Институт геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова

Кафедра Геологической съемки, поисков и разведки месторождений полезных
ископаемых

7M07206 – Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Доктор PhD, ассоциированный профессор
кафедры ГСПиРМПИ
Байсалова А.О.
Байсалова
«13» *января* 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Әлібекқызы Аяулым

Тема: «Минералогическое изучение песчаных ураноносных горизонтов месторождения Семизбай для выявления характера распределения и формы нахождения урана»

Утверждена приказом по университету №145 – П/Ө «04» апреля 2023г.

Срок сдачи законченного проекта (работы) «14» января 2025 г.

Исходные данные к магистерской диссертации (работе):

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов:

- 1) Изучение общих сведений о районе работ;
- 2) Геологическая изученность района и история открытия месторождения;
- 3) Изучение гидрогеологических условий месторождения;
- 4) Характеристика вещественного состава руд и вмещающих пород;
- 5) История формирования и генезис месторождения;
- 6) Проведение минералого-петрографических и радиологических исследований.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Обзорная и геологическая карта, условные обозначения карты, тектоническая карта, фотографии проб и образцов минералов, микроскопические съемки минералов.

Рекомендуемая основная литература:

1. Геология Северного Казахстана. Монография. Алматы. 1987 г.
2. Месторождения урана Казахстана. Справочник. Алматы. 1996 г.
3. Геологическое строение Казахстана / Бекжанов Г.Р., Кошкин В.Я., Никитченко И.И. и др. – Алматы: Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2000. – 396. с.
4. Кондратьева И.А., Боброва Л.Л. "Геологическое строение и особенности рудогенеза месторождения Семизбай". "Минеральное сырье". Серия методическая, № 11. М.: ВИМС, 2011
5. Анализ минерального сырья. Под редакцией Ю.Н. Книпович, Ю.В. Морачевский. 1956г.

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Срок представления научному руководителю	Примечание
Общие сведения о районе месторождения	21.10.2024	
Геологическая изученность района и история открытия месторождения	28.10.2024	
Гидрогеологические условия месторождения	01.11.2024	
Вещественный состав руд и вмещающих пород	18.11.2024	
История формирования и генезис месторождения	25.11.2024	
Минералого-петрографические исследования	10.12.2024	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию

Наименования разделов	Научный руководитель, консультант, Ф.И.О. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Общие сведения о районе месторождения	Кандидат геолого-минералогических наук, профессор Я.К.Аршамов	21.10.2024	
Геологическая изученность района и история открытия месторождения	Кандидат геолого-минералогических наук, профессор Я.К.Аршамов	28.10.2024	
Гидрогеологические условия месторождения	Кандидат геолого-минералогических наук, профессор Я.К.Аршамов	01.11.2024	
Вещественный состав руд и вмещающих пород	Кандидат геолого-минералогических наук, профессор Я.К.Аршамов	18.11.2024	
История формирования и генезис месторождения	Кандидат геолого-минералогических наук, профессор Я.К.Аршамов	25.11.2024	
Минералого-петрографические исследования	Кандидат геолого-минералогических наук, профессор Я.К.Аршамов	10.12.2024	
Нормоконтролер	Кембаев М.К., Доктор PhD, ассоциированный профессор кафедры ГСПиРМПИ	10.01.2025	

Научный руководитель

Аршамов Я.К.

Задание принял к исполнению обучающийся

Әлібекқызы А.

Дата «04» 04 2023 г.

АҢДАТПА

Магистрлік диссертация «Семізбай кенорнының құмды уранды қабаттарын минералогиялық зерттеу арқылы уранның таралу сипаты мен орналасу формаларын анықтау» Семізбай кенорнының геологиялық және минералогиялық ерекшеліктерін зерттеуге арналған. Жұмыстың негізгі мақсаты – құмды қабаттардағы уранның таралуы мен орналасу формаларын зерттеп, урандық руда түзілу процестеріне әсер ететін факторларды анықтау.

Жұмысқа аймақтың геологиялық құрылымы, стратиграфиялық және гидрогеологиялық жағдайларының сипаттамасы, сондай-ақ уранды рудаланудың және рудалардың заттық құрамының сипаттамасы кіреді. Ерекше назар минералого-петрографиялық зерттеулерге, соның ішінде кварц пен дала шпаттарының типоморфтық белгілерін талдауға және уран минерализациясын зерттеуге аударылды. Уранның кескіндегі таралу зоналылығын анықтау үшін рентгенофазалық және гранулометриялық талдау әдістері қолданылды.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация «Минералогическое изучение песчаных ураноносных горизонтов месторождения Семизбай для выявления характера распределения и формы нахождения урана» посвящена изучению геологических и минералогических особенностей месторождения Семизбай. Основной целью работы является исследование распределения и форм нахождения урана в песчаных горизонтах, а также выявление факторов, влияющих на процессы уранового рудообразования.

Работа включает описание геологического строения района, стратиграфических и гидрогеологических условий, а также характеристику уранового оруденения и вещественного состава руд. Особое внимание уделено минералого-петрографическим исследованиям, в том числе анализу типоморфных признаков кварца и полевых шпатов, а также изучению урановой минерализации. Используются методы рентгенофазового и гранулометрического анализа для выделения зональности распределения урана в разрезе.

ANNOTATION

The master's thesis "Mineralogical Study of Uranium-Bearing Sand Horizons of the Semizbai Deposit to Determine the Nature of Uranium Distribution and Forms of Occurrence" is dedicated to studying the geological and mineralogical features of the Semizbai deposit. The main goal of the work is to investigate the distribution and forms of uranium occurrence in sand horizons and identify factors influencing uranium ore formation processes.

The study includes a description of the geological structure of the area, stratigraphic and hydrogeological conditions, as well as the characteristics of uranium mineralization and the material composition of ores. Special attention is given to mineralogical and petrographic studies, including the analysis of typomorphic features of quartz and feldspar, as well as the examination of uranium mineralization. X-ray phase analysis and granulometric analysis methods were used to determine the zonality of uranium distribution in the geological section.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1 Общие сведения о районе работ	11
2 Геологическая изученность района и история открытия месторождения	14
2.1 Характеристика геологического строения района	15
2.2 Стратиграфия	18
2.3 Тектоника	21
2.4 Магматизм	23
3 Гидрогеологические условия месторождения	25
4 Вещественный состав руд и вмещающих пород	27
4.1 Полезные ископаемые	28
4.2 Урановое оруденение, морфология рудных тел	28
5 История формирования и генезис месторождения	30
5.1 Эпигенетические преобразования	31
6 Минералого-петрографические исследования	36
6.1 Минералогическое картирование	36
6.2 Типоморфные признаки кварца и полевого шпата в рудных разрезах	38
6.3 Общий характер ураноносных пегматитов	42
6.4 Радиологическая характеристика руд	46
6.5 Гранулометрический минералогический анализ	48
6.6 Описание минералов	50
6.7 Выводы по минералогическому и рентгенофазовому анализу рудной пробы	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	68
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	69

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Современное состояние исследований в области урановых месторождений подчеркивает значимость глубокого изучения их минералогического состава, условий формирования и пространственного распределения урановых руд. Магистерская диссертация «Минералогическое изучение песчаных ураноносных горизонтов месторождения Семизбай для выявления характера распределения и формы нахождения урана» направлена на решение актуальной научно-технической задачи, связанной с улучшением методов изучения и прогнозирования урановых руд.

Актуальность поставленной научной проблемы очевидна, так как понимание закономерностей распределения урановых руд и их форм нахождения является важным элементом для планирования эффективной добычи и обеспечения ядерной энергетики необходимым сырьем. В Казахстане крупные месторождения урана активно разрабатываются, однако задачи углубленного изучения урановых руд в песчаных горизонтах остаются недостаточно решенными. Современные методы анализа позволяют выявить новые перспективные подходы к разведке и разработке таких объектов, как месторождение Семизбай.

Цель работы. Изучить минералогический состав песчаных горизонтов месторождения Семизбай, выявить закономерности распределения и формы нахождения урана, а также определить факторы, влияющие на процессы уранового рудообразования.

Задачи:

1. Анализ геологической и минералогической изученности месторождения Семизбай;
2. Характеристика минералогического состава руд и вмещающих пород;
3. Изучение пространственного распределения урановых руд и выявление их генетических особенностей;
4. Проведение минералого-петрографических и радиологических исследований.

Предмет исследования. Минералогический состав урановых руд песчаных горизонтов месторождения Семизбай, их пространственное распределение и формы нахождения.

Фактический материал. Данные полевых исследований, минералогического анализа образцов и архивных материалов, относящихся к месторождению Семизбай.

Практическое значение. Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации методов прогнозирования и разработки урановых месторождений. Выявленные закономерности распределения урана в песчаных горизонтах позволяют повысить эффективность поисково-разведочных работ и технологической переработки руд.

Новизна работы. Впервые проведено детальное изучение минералогического состава песчаных горизонтов месторождения Семизбай с

использованием методов рентгенофазового анализа и гранулометрического исследования. Получены уникальные данные о зональности распределения урана и его формах нахождения, которые ранее не исследовались. Эти результаты создают теоретическую и практическую базу для дальнейшего изучения урановых месторождений в Казахстане.

Составная часть и объем магистерской диссертации. Диссертация включает 67 страниц текстового материала, состоящего из аннотации, введения, шести глав, заключения и списка литературы. В работе представлено 58 рисунков.

1 Общие сведения о районе работ

Площадь проводимых работ расположена у северо-восточной окраины Казахстанского нагорья (щита), где оно постепенно переходит в Западно-Сибирскую равнину. В административном отношении, расположено в двух областях Акмолинской и Северо-Казахстанской, причем значительная часть (около трех четвертей площади всех запасов урана), месторождения находится в Северо-Казахстанской области, а остальная часть в районе Биржан сал Акмолинской области Республики Казахстан (Рисунок 1). Горный отвод месторождения Семизбай.

Рельеф окрестностей равнинный, слабо всхолмленный. Абсолютные отметки колеблются в пределах 80-120 м, относительные превышения над впадинами составляют 5-30 м. На вершинах и склонах холмов имеются выходы палеозойских гранитоидов в виде небольших останцов. Ландшафт преимущественно степной с типчаково-ковыльной растительностью и сухостепным разнотравьем, а также с редкими небольшими колками кустарников и деревьев [1].

Климат резко континентальный, с почти постоянно дующими ветрами юго-западных и северо-восточных направлений (число ветреных дней в году составляет 70 %). Средняя годовая скорость ветров составляет 3,0–7,4 м/сек, максимальная достигает 18-20 м/сек. Весной и летом пыльные бури, а зимой – сильные метели. Жаркое лето, суровые, малоснежные зимы, с резкими и большими амплитудами колебания температур в течение суток, месяцев и года. Самые холодные месяцы – январь и февраль со среднемесячными температурами минус 17⁰С, минус 20⁰С и минимальной до минус 36⁰С. Наиболее высокие среднемесячные температуры (плюс 18⁰С, плюс 22⁰С) приходятся на июнь-июль, максимальные доходят до плюс 35,3⁰С.

Заморозки начинаются в сентябре, а теплая погода устанавливается обычно в середине мая.

Ближайшие к месторождениям промышленные центры, крупные населенные пункты и железнодорожные станции – г. Степногорск (100 км), Заозерное (120 км), Бестюбе (50 км) и районный центр Кишкененколь (ж/д станция Кзылту – 100 км) – транспортной связи с ними не имеют. На сегодняшний день единственной транспортной магистралью является автомобильная дорога, реконструированная в процессе строительства рудника подземного выщелачивания, улучшившая сообщение между г. Степногорском и районом месторождения. Среднегодовое количество осадков составляет около 300 мм. Значительная их часть (до 50 %) выпадает летом, часто в виде ливневых дождей. В зимний период в виде снега выпадает 15-20 % годовой нормы. Глубина промерзания грунтов 1,6-2,0 м, в особо суровые зимы достигает 2,5м.

К месторождению подведена ЛЭП мощностью 110 Квт от п. Бестюбе.

В районе месторождения обнаружены различные виды стройматериалов: глины, песка которые залегают на небольших глубинах.

Кроме того, в районе установлены рудопроявления золота "Юбилейное", месторождение молибдена "Кольцевое" и крупное проявление фосфорит – глауконитовых руд "Селетинское". В пределах озера Жамантуз установлена небольшая залежь пищевой соли, а его лечебные сероводородные грязи издавна используются в народной медицине [3].

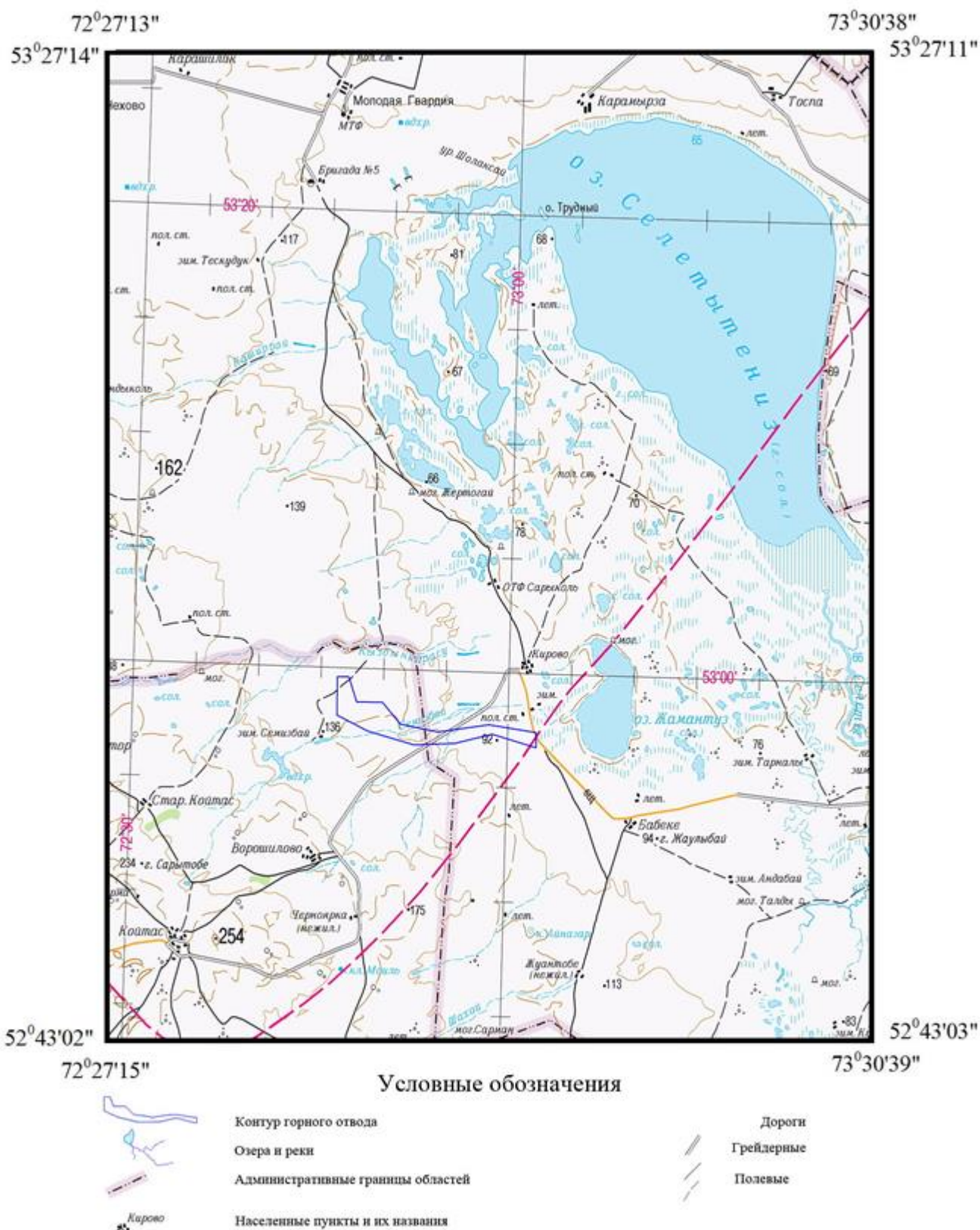


Рисунок 1- Обзорная карта участка работ (Масштаб 1:50 000)

2 Геологическая изученность района и история открытия месторождения

Северный Казахстан является крупной металлогенической золото-редкометалльно-урановой, алмазоносной провинцией, включающей многочисленные урановые, золоторудные, оловянные, вольфрамовые, алмазные и ряд других месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, многие из которых осваиваются промышленностью.

История открытия месторождения Семизбай и изученность района имеет три качественно четких этапа: I этап до 1953 года; II этап 1954 -1969 года; III этап 1970-1980 года.

Первый этап характеризует ранние стадии геологического изучения района и всего Северного Казахстана при поисках полезных ископаемых, которые были начаты в конце 20-х годов прошлого века, после создания государственной геологической службы. В ходе проведения этих работ были открыты ряд месторождений золота – Бестюбе, Аксу, Жолымбет и другие, которые определили данный регион как золоторудную провинцию. Освоение выявленных месторождений послужило мощным импульсом для развития геологических исследований в данном регионе, по результатам которых были составлены схематические карты масштаба 1: 200000 и крупнее. В послевоенные годы начались работы по составлению государственных геологических карт масштабов 1: 200000 и 1: 50000.

Второй этап наступил в 1954 году с проведения специализированных поисков урановых месторождений, которые сопровождались значительными объемами горно-буровых работ, геофизических исследований и привлечением научных сотрудников и центральных НИИ. Все это позволило накопить огромный фактический материал, уровень научных исследований и увеличить степень изученность района. В 1956 -1958 годах работы Степной экспедиции завершились открытием, разведкой и промышленной оценкой, с защитой запасов ГКЗ СССР, ряда эндогенных молибден – урановых и фосфорно – урановых месторождений, таких как – Маныбай, Аксу, Шат, Заозерное, Тастыколь – которые послужили сырьевой базой для созданного ЦГХК. Наличие этих объектов, а также открытие новых показало, что Северный Казахстан является не только золоторудной, но и крупной урановорудной провинцией.

В 1970 году начался *третий этап* исследований района, главным содержанием которого явились крупномасштабное прогнозирование всех типов уранового оруденения на основе производственно – тематических работ масштабов 1:200 000 – 1:50 000 и специализированного геологического картирования масштаба 1:50 000, поиски урановых месторождений глубинными методами и ревизионно-оценочные работы на выявленных ранее рудопроявлениях и радиоактивных аномалиях. Геолого-поисковые и съемочные работы всех масштабов включали обязательный комплекс геофизических методов: грави-, магнито-, и электроразведки в различных

сочетаниях, которые выполнялись в значительных объемах Центральной, Илийской и Северо-Казахстанской геофизическими экспедициями [7].

2.1 Характеристика геологического строения района

Месторождение Семизбай непосредственно связано с одноименной депрессией, представляющей собой древнюю, длительно развивающуюся долину, строение которой и определяет его геологическую характеристику. Семизбайская депрессия в районе месторождения имеет в плане изогнутую форму, протягиваясь в своей центральной и восточной частях преимущественно в субширотном направлении и меняя направление в западной части на северо-западное. Простирается депрессии, вероятно, определяется тектонически ослабленными зонами, обусловленными крупными разрывными нарушениями фундамента субширотного и северо-западного направления (Главный Семизбайский и Западный Семизбайский разломы). Граница депрессии проводится по контуру распространения отложений семизбайской свиты. С учетом развития отложений палеогена она несколько усложняется.

Ширина депрессии увеличивается с запада на восток от 1,5-2 км до 6-8 км. Значительное расширение депрессии начинается к востоку от ПР136, где отложения верхнесемизбайской свиты распространяются далеко на север. Рельеф ложа депрессии достаточно сложный, углы бортов изменяются от 1-2° до 23°.

Фундамент и ближайшее обрамление депрессии сложены преимущественно гранитоидами Жаманкойтасского массива и, в меньшей степени, на восточном фланге месторождения вулканогенно-осадочными образованиями среднего ордовика. Жаманкойтасский гранитоидный массив представлен сложным батолитом, включающим в себя магматические образования трех интрузивных комплексов: крыккудукского (габбро, диориты, гранодиориты), боровского (биотитовые и лейкократовые граниты) и аралаульского (липаритовые порфиры, аляскитовые, порфировидные, калиевые биотитовые граниты). Вулканогенно-осадочные среднеордовикские образования представлены андезитовыми, андезито-базальтовыми порфиритами и их туфами, туфопесчаниками, гравелитами, песчаниками и алевролитами.

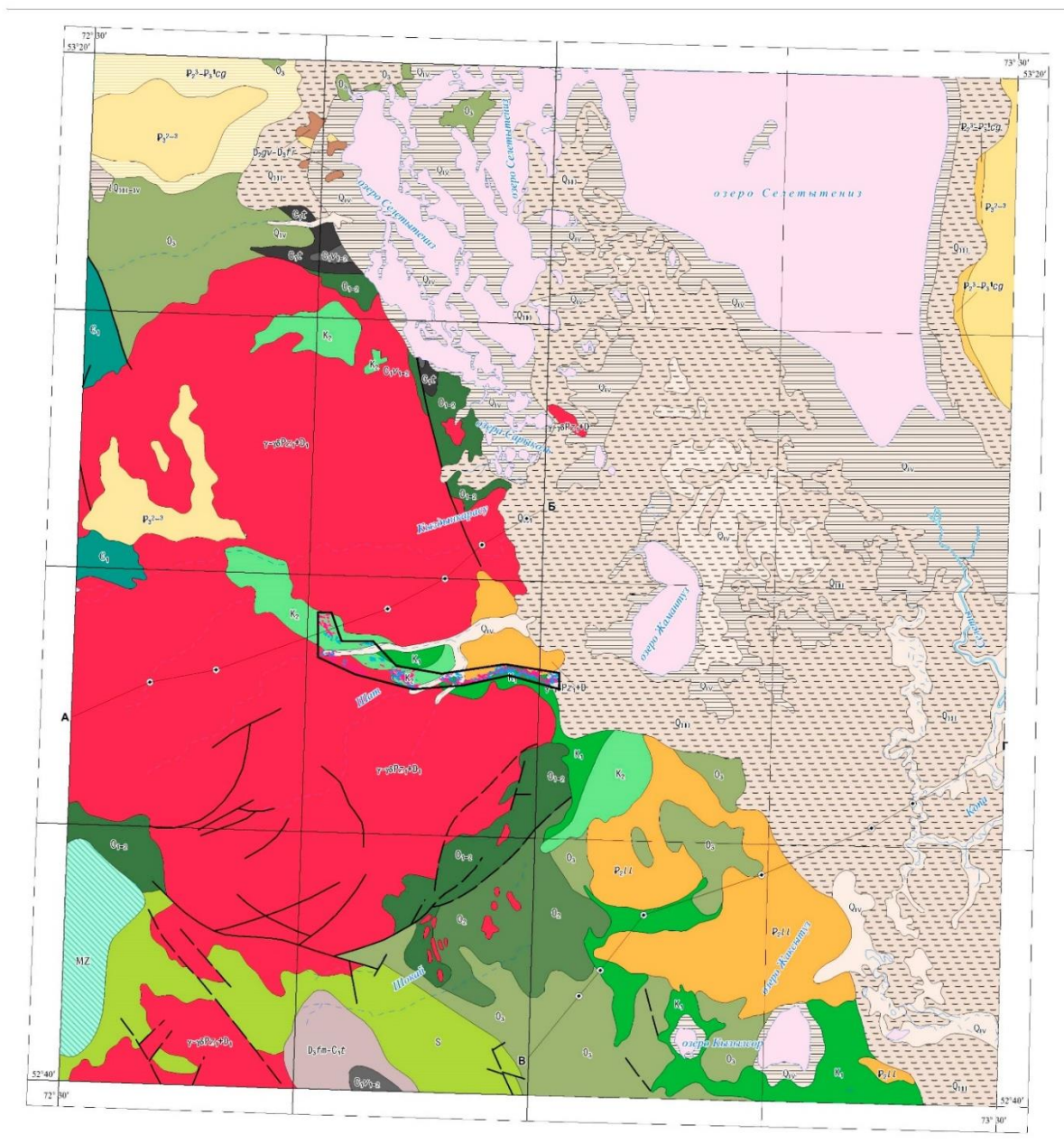
Сама депрессия выполнена отложениями всех трех структурных этажей осадочного чехла: нижний представлен юрско-меловыми отложениями семизбайской свиты, средний выполнен осадками покурской (верхний мел) и люлинворской (палеоген) свит, верхний – только четвертичными образованиями.

Отложения покурской свиты залегают с размывом на выветрелой поверхности семизбайской свиты фрагментарно и имеют мощность от 2-3 м до 12 м. Люлинворская свита распространена повсеместно по всей территории депрессии. Мощность ее от 2-5 м до 10 м. Четвертичные отложения,

мощностью в первые метры, отмечаются почти непрерывно на всей площади депрессии.

Основная часть разреза выполнена породами семизбайской свиты, на большей части депрессии, перекрытой более молодыми образованиями. Наиболее полный разрез свиты (~180 м) отмечен в восточной части месторождения. К западу, вверх по палеодолине, происходит постепенное уменьшение мощности до 70-80 м. На основании литолого-фациального состава и цикличности разреза в свите выделены две подсвиты: нижняя и верхняя. Границей раздела служит кровля внутреннего водоупора (верхняя, глинистая часть нижнесемизбайской подсвиты). Юрско-меловые отложения образуют слабо выраженную вытянутую, очень пологую синклиналь, открытую к востоку. Ось синклинали совпадает с тальвегом депрессии, углы падения крыльев составляют 1-3°. В общем плане отмечается определенная связь между конфигурацией депрессии и строением фундамента [7].

Весь разрез верхнеюрско-меловых отложений соответствует единому флювиальному циклу, на протяжении которого осадконакопление эволюционировало от отложений горной реки до реки болотного типа в условиях аридизации климата.



Геологические разрезы по профилям А-Б и В-Г

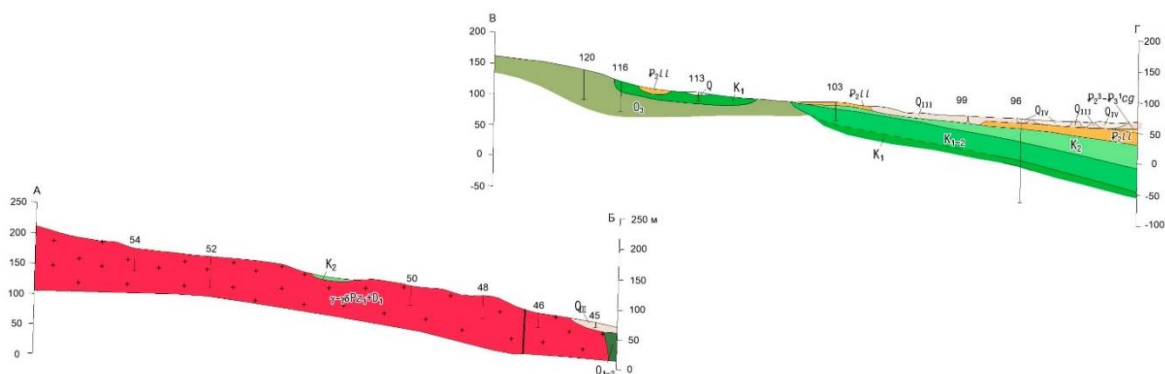


Рисунок 2- Геологическая карта и разрез Месторождения Семизбай (Масштаб 1:200 000).

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

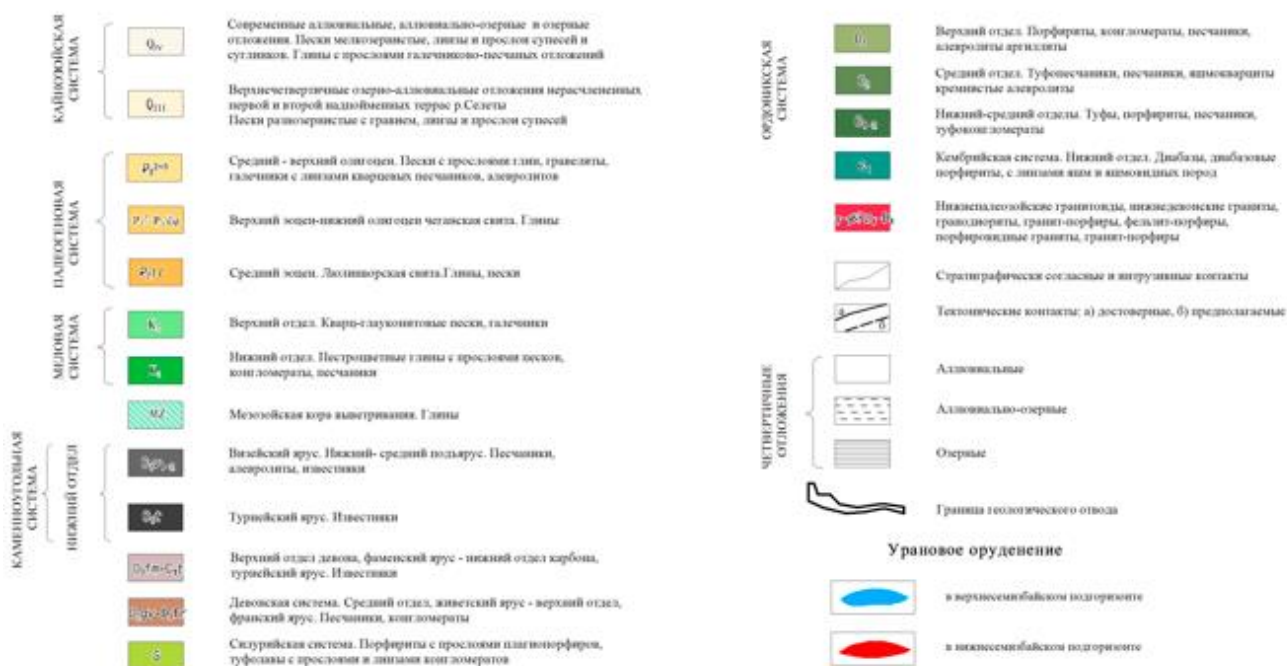


Рисунок 3- Условные обозначения геологической карты

2.2 Стратиграфия

В геологическом отношении район месторождения располагается на северной окраине Ишкеольмесского антиклинория, в зоне погружения складчатого фундамента северо-восточной части Казахского щита под мезозойско-кайнозойским осадочным чехлом Западно-Сибирской плиты.

Палеозойский фундамент (PZ) сложен многофазовым существенно гранитоидным массивом Жаманкойтас и его обрамлением, представленным преимущественно вулканогенными и осадочными комплексами среднего ордовика (O2). Незначительно развиты в районе метаморфические комплексы протерозоя (PR) на западе, вулканогенно-осадочные породы кембрия (C) на севере, в центре и на юге, девона (D), и карбона (C) на севере. Жаманкойтасский существенно гранитоидный массив охватывает центральную часть района. Слагающие массив интрузивные тела относятся к Крыкудукскому нижний силур (S1), Боровскому верхний девон (D3). Мезокайнозойский (MZ-KZ) чехол представлен западной частью палеоречной системы, где в слабо литифицированных пестроцветах Семизбайской депрессии локализована семнадцатикилометровая зона промышленного уранового оруденения. Оруденение размещается в части Семизбайской палеодолины, где она «рассекает» гранитоиды Жаманкойтасского массива. В областях, где породы чехла перекрывают другие породы палеозойского фундамента, промышленное оруденение не установлено. Промышленные руды Семизбайского месторождения в восточной части ограничены областью каленообразного перегиба Семизбайской палеодолины с изменением ориентировки её оси с субширотной на субмеридиональную.

Ориентировка палеодолины и её изгибы скорее всего унаследуют и пространственно связаны с довольно крупными субширотными и субмеридиональными северо-западными расколами в палеозойском фундаменте.

Разрез описываемого района распространен в пределах эвгеосинклинальной зоны и включает в себя вулканогенно-осадочные толщи островодужного типа.

В описываемом районе породы **кембрия** (C1) составляют серию антиклинальных поднятий в западном эндоконтакте Жаманкойтасского массива и два горста на юго-востоке. К нижнему кембрию (C1) относится толща вулканогенных образований, представленная диабазами, диабазовыми порфиритами, миндалекаменными порфиритами, конгломератами, также встречаются эффузивы и их туфы, линзы и прослои яшмовидных пород. В описываемом районе относимые к кембрию эффузивы и их туфы имеют ограниченное развитие и составляют небольшие по площади антиклинальные поднятия (горсты), ограниченные разломами. По своей формационной принадлежности вулканогенные образования боцекульской серии относятся к спилит-диабазовой формации, характерной для ранних этапов развития эвгеосинклинали. Мощность свиты превышает 500м.

Отложения ордовикской системы приурочены к геосинклинальным прогибам. Прослеживаются в виде полосы шириной 2,5-3,5 км от озера Алкасор на юге до урочища Семизбай на севере. Эта полоса имеет на юге близмеридиональное простирание, которое затем на севере меняется на северо-западное. Сложена свита, в основном, чередующимися алевролитами, песчаниками, а также пепловыми туфами и туффитами, появляющимися в верхах разреза, порфиритами андезит-базальтового состава, туфоагломератами, кремнистыми аргиллитами. Отмечается постепенная смена крупнозернистыми алевролитами вверх по разрезу. Взаимоотношения свиты с кембрийскими отложениями на рассматриваемой площади тектонические, выше согласно, с постепенными переходами налегает толща осадочно-вулканогенных пород, относимая к сагской серии среднего ордовика (O2). Песчаники и алевролиты часто несут следы эпигенетических изменений, проявившихся главным образом в окварцевании и эпидотизации. Мощность отложений свиты в районе превышает 500 м. Отложения Лландейловского яруса, представленные флишеподобными терригенными образованиями, на юго-востоке района составляют серию синклинальных складок северо-западного простирания. Для разреза яруса характерно двух- или трехчленное ритмичное строение, обусловленное закономерным чередованием конгломератов, песчаников и алевролитов, андезитовых порфиритов и их туфов. В основании яруса залегает базальный горизонт конгломератов, конглобрекчий, постепенно переходящих выше по разрезу в гравелиты и пудинговые конгломераты. В состав этих пород входят преимущественно обломки и галька нижележащих вулканогенных образований сагской серии, сцементированные песчанистым цементом.

Выше горизонта базальных конгломератов залегают линзующиеся известняки. Последние не выдержаны как по мощности, так и по простиранию и картируются только в южной части восточного фланга площади. Выше по разрезу залегают переслаивающиеся песчаники и алевролиты, они же и завершают разрез яруса. Мощность Лландейловского яруса-1200м [4].

Эффузивно-пирокластические и вулканогенно-осадочные образования этой серии имеют относительно широкое развитие на востоке и западе района. Преимущественным развитием в разрезе серии пользуются вулканогенные образования, представленные плагиоклазовыми андезитовыми, андезито-базальтовыми, андезито-дацитовыми, дацитовыми порфиритами и их туфами. В верхней части разреза преобладают туфы и туфобрекчии вышеперечисленных составов с редкими линзами и прослоями гравелитов, вулканомиктовых песчаников и алевролитов. В нижней части разреза породы имеют зеленовато-серую, серую и темно-зеленую окраску, в верхней, преимущественно туфовой части, преобладают бурые, красноватобурые и коричневато-серые цвета. Мощность разреза яруса превышает-1000м.

Силурийская система занимает незначительную часть площади. Породы этого возраста обнажаются на дневной поверхности в западной части района. Небольшой блок аналогичных образований проявлен малочисленными выходами и высыпками в тектоническом блоке в северозападной и южной части Семизбайской депрессии. Границы серии с вышележащими породами повсеместно тектонические. Система сложена агломератовыми туфами кварцевых порфиров, флюидальные лавы, альбитофиры, андезитовые и базальтовые порфириты, прослой песчаника и конгломератов. Мощность отложений составляет около 500 м.

Девонская система Северного Казахстана чрезвычайно разнообразна и представлена как континентальными, так и морскими отложениями; среди тех и других значительное место занимают вулканогенные образования. Песчаники, конгломерат-песчаники, крупногалечные конгломераты, относимые к верхнему девону, на исследуемой площади имеют ограниченное распространение и развиты на локальных участках на юге территории к западу от озера Кызылсор и северо-западнее Аркалыкского массива. Мощность песчаников 500 м. В юго-восточном углу района образования *фаменского яруса* слагают Айбасскую вулканическую структуру, заходящую в контур описываемого района своей южной частью. Ярус сложен существенно эффузивными породами и представлен серыми известняками, лавобрекчиями и туфами кислого состава, порфиритами. Суммарная мощность яруса в пределах описываемого района около 800 м.

Разрез отложений *турнейского яруса* представлен светло-серыми, белыми, желтовато-бурыми слабо окрашенными мергелями и мергелистыми известняками, серыми окремненными пористыми известняками и серыми

пористыми мергелями. По многочисленным определениям фауны, возраст известково-мергелистых отложений однозначно определяется как турнейский ярус (русаковский горизонт). По северной периферии отложений турнейского яруса выделены имеющие крайне ограниченное развитие массивные и слоистые, часто песчанистые известняки темно-серого цвета. А по обильной фауне фораминифер и брахиопод возраст их установлен как раннерифейский. Мощность отложений 200 м.

Турнейские отложения вверху по разрезу сменяются согласно залегающими известково-глинистыми отложениями, относящимися к *визейскому ярусу*. Разрез этих отложений представлен снизу-вверх темносерыми аргиллитами, известковистыми алевролитами, светло-серыми полимиктовыми мелкозернистыми песчаниками, черного цвета аргиллитами, крупно- и среднезернистыми песчаниками, темно-серыми аргиллитами с углефицированной органикой и окремненными песчаниками темно-серого цвета, известняками. Мощность отложений -200 м [2].

2.3 Тектоника

Месторождение размещено на восточной окраине Северного Казахстана, относящейся к эвгеосинклинальной зоне каледонид в Центральном Казахстане до Северного Тянь-Шаня. Тектоническая позиция района в более узком плане определяется положением его в сложнопостроенной области сочленения северной окраины Селетинского синклинория с Ишкеольмесским антиклинорием.

В истории развития каледонид в Северном Казахстане выделяются два крупнейших цикла: 1) протерозойский (PR); 2) фанерозойский (F). Протерозойский цикл (PR) непосредственно в районе отражён лишь заключительными субплатформенной и платформенной стадиями развития. Первая воспроизводится по аркозовому составу кокшетауской серии, образуется в прибрежно-морских Условиях в неглубоких, широких, но относительно быстро погружающихся грабенообразных прогибах и сравнительно спокойной тектонической обстановке. Развитие структур закончилось в конце позднего рифея (PRR1). В это время закладывается меридиональная Целиноградская зона разлома, вдоль которой формируется Ишкеольмесское поднятие. В начальной стадии кембрия (Є1) местность представляла собой пенепленизированную в течение венда при аридном субконтинентальном режиме платформу. Фанерозойский цикл (F) включает три этапа: 1) собственно геосинклинальный (нижнепалеозойский Є1-S2); 2) заключительный или постинверсионный (средне-верхнепалеозойский S2-P); 3) платформенный (мезокайнозойский T-Q). Собственно геосинклинальный этап делится на раннегеосинклинальную (Є1-Є3), позднегеосинклинальную (O1-O3) и инверсионную (O3-S2) стадии развития каледонид. Раннегеосинклинальная стадия (Є1-Є3) характеризуется устойчивым интенсивным опусканием в границах первичных геосинклинальных прогибов,

заложенных вдоль зон глубинных разломов. В этой стадии накапливались отложения, характерные для вулканогенных эвгеосинклинальных прогибов, включающие порфиритовую спилит-диабазовую, (Є1-2), кремнисто-яшмовую (Є2), теригенно-карбонатную и андезитовую (Є3) формации. С этой стадией связано внедрение мелких интрузивных массивов передотит-пироксенитовой и габбро-плагиогранитной формации. Позднегеосинклинальная стадия (О1-О3) характеризуется формированием вторичных интрагеосинклинальных прогибов, в границах которых происходит интенсивное накопление отложений аспидной (О1-2), вулканогенной андезитовой (О2) и карбонатно-терригенной (О3) формаций. Инверсионная стадия (О3-S2) знаменует собой общую инверсию территории, связанную с главной фазой складчатости. Она имеет характер интенсивной магматической деятельности: излиянием лав, андезитового, андезито-базальтового и дацитового состава (О3S1) и внедрением крупных масс гранитоидов (S1). Постинверсионный или заключительный этап делится на раннюю орогенную (S2-D3f) стадию и позднюю стадию пенепленизации (D3fm-P). Орогенная стадия (S2-D3f) заключительного этапа характеризуется преобладанием контрастных блоково-глыбовых движений на фоне общего воздымания; происходит интенсивное горообразование. В это время происходит внедрение интрузивов гранитной формации (S2-D1; D2) и проявляется субэвральный вулканизм, выразившийся в излиянии лав липаритового и трахидацитового состава, внедрение субвулканических тел того же состава. В конце орогенной стадии (D2-D3) в границах межгорных впадин накапливаются красноцветные молассовые формирования. Стадия пенепленизации (D3fm-P) характеризуется накоплением в границах обширных впадин морских осадков терригенно-карбонатной и угленосной формации (D3fm-C2), сменяющихся выше пестроцветной терригенной формацией. Ранняя стадия платформенного этапа характеризуется медленным равномерным по скорости опусканием тектонических блоков. С этой стадией связано, в частности, начало формирования депрессий типа Семизбайской, которые выполнены континентальными осадками мощностью до 200 и более метров. С поздней собственно платформенной стадией связано формирование маломощного чехла рыхлых отложений. Складчатые структуры палеозойского основания многочисленны, поскольку они к формированию руд месторождения прямого отношения не имеют. Платформенный чехол представлен мезокайнозойскими (MZ-KZ) горизонтально залегающими отложениями мощностью до 200 и более метров. Депрессии обнаруживают связь с субширотным и субмеридиональными разрывными нарушениями, которые определяют их конфигурацию.

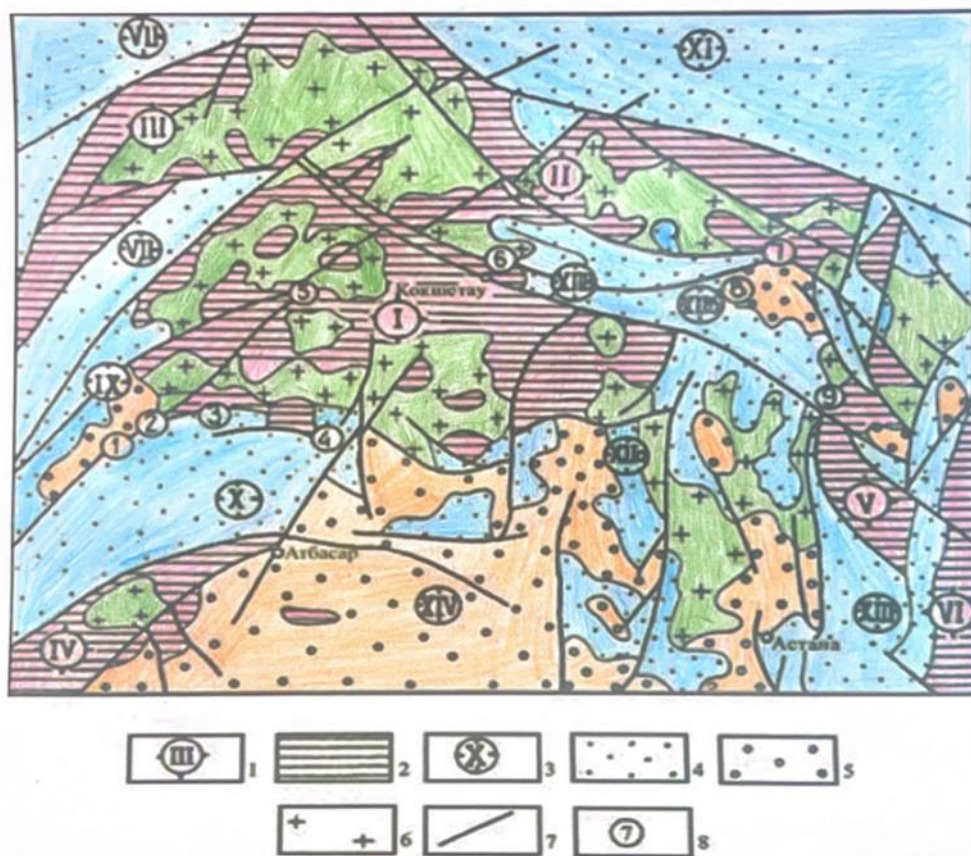


Рисунок 4 – Тектоническая карта Северного Казахстана

1 - поднятие: I – Кокшетауское; II – Заградовско-Шатское; III – Дмитриевское; IV – Джаркаинагаашское; V – Ешкиольмесское; VI – Ерментауский антиклинорий; 2 – выступы докембрийского и неогенового фундамента; 3 – прогибы: VII – Макушинский; VIII – Марьевский; IX – Стерлитамак-Шарыкский; X – Калмык-кольский; XI – Петропаловский; XII – Восточно-Кокшетауский (блоки: XIIa – Степнякский; XIIб – Коксенгирсорский; XIIв – Азатский); XIII – Селетинский; XIV – Тенизская впадина; 4 – прогибы, выполненные ордовик-силурийскими отложениями; 5 – каменноугольнопермские формирования; 6 – каледонские гранитоиды; 7 – основные разломы; 8 – урановорудные узлы (номера в малых кружках): 1 – Ишимский, 2 – Шолпак-Камышовый; 3 – Чистопольский; 4 – Балкашинский; 5 – Грачевский; 6 – Чаглинский; 7 – Шатский; 8 – Коксенгирский; 9 – Аксу-Маньбайский

2.4 Магматизм

Магматические породы от основного до кислого составов занимают около 60% всего участка, расчленяются на интрузивный комплекс – боровской (S2-D1). Мощные проявления интрузивного магматизма связаны с инверсионной и орогенной стадиями развития каледонской геосинклинали. В орогенную стадию (поздний силур (S2) – ранний девон (D1) происходит внедрение магмы и образование лейкократовых, биотитовых порфировидных гранитов и аляскитов (боровской комплекс). Интрузивный магматизм орогенной стадии завершается формированием малых интрузии липарит-

гранитовой формации, представленной штоками и дайками фельзитов, кварцевых порфиров, гранит-порфиров (ранний и средний девон (D1-2), аралаульский комплекс). Граниты (γ) – интрузивные плотнокристаллические светлые породы кислого состава. В гранитах содержатся такие минералы как кварц, слюды, полевой шпат, а иногда присутствует роговая обманка. Полевые шпаты неправильной формы, цвет их белый сероватый. Цвет полевых шпатов задаёт цвет гранита. Полевые шпаты представлены ортоклазом и кислыми плагиоклазами и олигоклазами. Биотит образует мелкие кристаллы чёрного цвета. Кварц имеет серые и белые цвета. Из акцессорных минералов в гранитах встречаются титанит, апатит, циркон, ортит, рутил, магнетит и пирит. В краевых частях интрузии чаще всего встречается турмалин и гранаты. По структуре интрузия имеет зернистость, а по крупности зёрен различают крупно-, средне-, мелкозернистые граниты. С гранитной магмой генетически связаны пневматолитовый, гидротермальный и пегматитовый процессы, а также минералоформирования, рудоформирования и другие процессы, в результате которого образуются различные полезные ископаемые [4].

3 Гидрогеологические условия месторождения

В гидрогеологическом отношении Семизбайская депрессия расположена на границе двух гидрогеологических регионов – Иртышского артезианского бассейна, входящего в систему Западно-Сибирских артезианских бассейнов и Казахской складчатой страны. Вся Семизбайская депрессия врезана в кристаллические породы, в основном, в граниты Жаман-Койтасского гранитного массива, сменяющегося на востоке эффузивно-осадочными образованиями, являющимися ее ложем. Восточная часть депрессии, погружаясь на северо-восток, уходит в Иртышский артезианский бассейн.

Ниже проводится краткая характеристика всех выделенных водоносных комплексов и горизонтов.

Водоносный комплекс верхнечетвертичных и современных аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений распространен в центральной и восточной части депрессии. Водовмещающие пески от тонкозернистых до крупнозернистых и гравелистых, глинистые. Мощность комплекса 1,0 – 11,5 м. Глубина свободной поверхности воды 1,5 – 3,0 м. Дебит скважин 2 – 8 м³/сут при понижении 1,3 – 2,5 м.

Воды по составу хлоридные натриевые с минерализацией от 0,7 – 0,9 г/л до 34,7 г/л и более. Воды этого комплекса не используются и не имеют перспектив применения.

Люлинворский водоносный горизонт приурочен к кварцево-глауконитовым песчаникам, пескам эоцена и развит в восточной части депрессии. Свободная поверхность воды горизонта на глубинах 1,0 – 7,7 м. Мощность горизонта 0,3 – 15 м; дебиты скважин 0,04 – 0,54 м³/сут при понижении 4,7-7,5 м. Минерализация воды 0,4-4,2 г/л. По составу воды сульфатно-хлоридные натриевые и хлоридно-сульфатные натриевые. Основное питание горизонта происходит за счет атмосферных осадков, разгрузка – путем подземного стока или испарения с поверхности свободного уровня в понижениях рельефа. Из-за маленькой водообильности воды горизонта не используются.

Первый верхнесемизбайский комплекс верхней юры – нижнего мела распространен в Семизбайской депрессии повсеместно и включает в себя все водоносные слои и линзообразные прослои песков и песчаников в разрезе глин одоноименной подсвиты, в целом являющихся мощным, регионально выдержанным как в депрессии, так и за ее пределами, водоупором, надежно запечатывающим рудные горизонты [4].

В западной части депрессии водоносные прослои и линзы в местах их выхода на дочетвертичную эрозионную поверхность залегают первыми от поверхности под чехлом обычно безводных четвертичных отложений мощностью 1,0 – 13,0 м. На остальной площади слои и линзы комплекса в местах выхода перекрываются отложениями покурской, люлинворской свит и четвертичной системы. Здесь глубина залегания кровли комплекса составляет 11,8 – 18,8 м и глубже. Абсолютные отметки кровли комплекса изменяются с

запада на восток от + 130 до + 30 м. Глубин подошвы с запада на восток изменяется от 9,8 - 36,0 м на западе до 37,2 – 94,5 м на востоке. Абсолютные отметки подошвы от +120 до -10 м. Мощность западной части депрессии 5,6 – 33,0 м; в восточной от 20,0 – 46,0 м до 74,6 – 90,5 м. При этом суммарная мощность проницаемых прослоев и линз (водоносного комплекса) достигает 16,4 – 33,5 м в прибортовой части и 1,0 – 4,8 м в осевой части депрессии.

Комплекс опробован гидрогеологическими скважинами в восточной части депрессии. Глубина залегания уровней здесь изменяется от 14,7 м до +4,5 м. Величина напора над кровлей отдельных водоносных прослоев составляет от 3,5 до 49,8 м. Абсолютные отметки пьезометрической поверхности снижаются с запада на восток от 98,3 до 79,2 м. Дебит скважин 11,0 – 432 м³/сут при понижении от 3,2 до 35,2 м, удельные дебиты изменяются от 0,38 до 86,0 м³/сут, а коэффициент фильтрации от 0,06 до 5,9 м/сут. Минерализация воды изменяется от 1,95 до 6,8 г/л. Воды по составу хлоридно-сульфатные, натриевые рН 7,2 – 8,3.

Питание комплекса предположительно осуществляется путем подземного стока из скальных бортов ложа (особенно южный борт), путем поступления в местах выхода на западе депрессии под чехлом безводных четвертичных отложений; в восточной части депрессии возможна из нижележащих водоносных горизонтов. Частичная разгрузка вод горизонта происходит в пределах котловины оз. Жамантуз. Ни в депрессии, ни за ее пределами подземные воды комплекса не используются.

Второй верхнесемизбайский горизонт верхней юры – нижнего мела (верхний рудоносный горизонт) распространен по всей депрессии. Водовмещающими породами водоносного горизонта являются пески, песчаники и алевролиты нижнего песчаникового литолого-стратиграфического горизонта верхнесемизбайский подсвиты. Абсолютные отметки кровли горизонта *Трещинные воды комплекса скальных пород верхнего рифея – девона* имеют повсеместное распространение. На бортах они имеют безнапорный или слабонапорный характер, а под депрессией напоры достигают 153 м. Абсолютные отметки пьезометрической или свободной поверхности уменьшаются с запада на восток от +148 м до +78 м. Дебиты скважин, вскрывших трещинно-жильные воды от 0,5 до 126 – 280 м³/сут при понижении до 40 м.

Пресные воды с минерализацией до 0,8 г/л вскрыты за пределами структуры. В самой структуре минерализация 3,1 – 9,1 г/л. По составу воды хлоридные натриевые, реже хлоридно-сульфатные натриевые. В зонах разломов при общем увеличении минерализации до 7,5-20 г/л вскрыты воды хлоридные натриево-кальциевые. Основное питание происходит за счет атмосферных осадков. Ввиду малой водообильности и пестроты минерализации эти воды имеют весьма ограниченное использование за пределами структуры.

4 Вещественный состав руд и вмещающих пород

Урановая минерализация на месторождении установлена практически во всех литологических разностях осадочных пород. Незначительные концентрации присутствуют также в гранитоидах верхней части фундамента депрессии.

Состав обломочного материала рудовмещающих пород аркозовый, полимиктовый, реже – кварцевый. В отдельных прослоях в значительных количествах встречаются остатки углефицированной органики. Аксессуары представлены магнетитом, титаномагнетитом, ильменитом, шпинелью, лейкоксом, цирконом, сфеном, апатитом, турмалином, гранатом, эпидотом.

Цемент пород в основной своей массе песчано-глинистый, алевроглинистый, глинистый, реже – глинисто-карбонатный и карбонатный. В составе цемента каолинит, монтмориллонит, гидрослюда, карбонаты, сульфиды, окислы и гидроокислы железа.

Уран в рудах находится в минеральной и сорбированной формах. Сорбированный уран связан с углефицированными органическими остатками, глинистыми минералами цемента и гидроокислами железа. Минералы урана представлены коффином, настураном, урановыми чернями и редко встречающимися вторичными минералами. Помимо этого, в незначительных количествах присутствуют урансодержащие ильменит и лейкоксен.

Наиболее распространенным минералом является коффинит, встречающийся практически во всех типах руд. Находится в тесной ассоциации с сульфидами. Образует выделения неправильной формы, колломорфные корки и оторочки вокруг сульфидов, микропрожилки и гнездовидные скопления. Настуран распространен значительно реже. Встречается совместно с коффином, а также в виде самостоятельных выделений и скоплений. Образует внешние зоны в каемках коффинита и скопления вокруг сульфидов железа. Отмечен в виде тонкой вкрапленности в цементе. Урановые черни образуют рыхлые скопления в ассоциации с мельниковитом и сажистым органическим веществом. Браннерит встречается редко в богатых рудах в виде мелких обломочных зерен. Вторичные урановые минералы представлены циппеитом и уранофеном. Урансодержащие минералы (ильменит, титаномагнетит, лейкоксен, анатаз) встречаются обычно в богатых рудах в виде единичных мелких зерен и скоплений [7].

Очень широко в рудах развиты гидроокислы железа. Они представлены гетитом, гидрогетитом, гидрогематитом и лимонитом. В рудных интервалах на окислах железа сорбируется значительное количество урана и особенно радия.

Сульфиды представлены пиритом, марказитом и мельниковитом. Очень редки бравоит, халькопирит, сфалерит и галенит. Пирит встречается во всех литологических разностях пород, причем наиболее обогащены пиритом сероцветные породы. Встречается в виде тонкой вкрапленности, глобулярных

образований, мелких кубических и октаэдрических кристаллов, конкреций, псевдоморфоз по растительным остаткам и сплошных кристаллических масс. В рудных интервалах отмечается тесная связь урана с пиритом глобулярного и концентрически зонального строения. Марказит образует мелкие конкреции или отдельные зоны в конкрециях пирита. Так же, как и пирит находится в тесной ассоциации с урановыми минералами. Мельниковит обычно встречается с другими сульфидами железа в виде сажистых скоплений. Бравойт слагает отдельные зоны в кристаллах пирита.

В рядовых рудах наиболее распространены равномерно-рассеянная, пятнистая и смешанная текстуры; в богатых, кроме того, обычны вкрапленная, сгустковая и цементная. Руды других текстур – полосчатая, конгломератовидная – встречаются эпизодически. Для руд, концентрации урана в которых связаны с углефицированными растительными остатками, свойственна органогенная текстура.

4.1 Полезные ископаемые

Руды месторождения Семизбай можно назвать в основном мономинеральными урановыми. Обнаруженные в зоне уранового оруденения незначительные повышенные содержания скандия, ванадия, молибдена, рения и германия могут представлять лишь геохимический интерес. Концентраций, превышающих установленные минимально-промышленные значения этих элементов, не выявлено. Скандий в рудах и рудовмещающих породах распределён довольно равномерно, создавая несколько повышенные концентрации в тонкозернистых литологических разностях ($20 \div 30$ г/т), наиболее высокие концентрации отмечены в глинах и алевролитах. В проницаемой окраине разреза его содержания колеблются от следов до $10 \div 15$ г/т, составляя в среднем $5 \div 7$ г/т. Содержание молибдена в рудах и рудовмещающих породах достигает в отдельных пробах 0,11%. Наиболее высокие его концентрации тяготеют к сероцветным отложениям. Содержание ванадия в рудовмещающих породах колеблется от 10 до 400 г/т. Глинистые отложения обогащены ванадием больше. Среди проницаемых отложений повышенные его концентрации отмечены в табачно-зелёных (118 г/т) и рудоносных серых (195 г/т) песчаниках. Повышенное содержание германия отмечается в пробах, обогащённых органикой, где его содержание колеблется от 0 до 0,3%, составляя в среднем 0,005% [5].

4.2 Урановое оруденение, морфология рудных тел

Промышленное урановое оруденение представлено стратиформными рудными залежами, установленными в отложениях семизбайской свиты от базальных слоев до алевроито-песчаного горизонта включительно. Оруденение в алевроито-глинистом и песчаниково-глинистом горизонтах носит локальный

характер (выделен только один балансовый блок 1-2-3-1С2) и связано, вероятно, с проникновением грунтовых вод.

Оруденение сосредоточено в водопроницаемых отложениях, многоярусно, представлено прерывистыми по площади и ветвящимися по мощности сильно уплощенными стратиформными рудными залежами с неравномерным распределением минерализации. Продуктивная толща залегает на глубинах от 25 м до 160 м и имеет переменную мощность от 30 до 100 м. Рудные тела залегают кулисообразно и группируются вблизи бортовых частей депрессии, образуя Южную и Северную рудоносные зоны. Осевая часть депрессии уранового оруденения не несет.

Руды месторождения визуально не отличаются от вмещающих пород и определяются только по результатам опробования. Представлены они в основном рыхлым и слабосцементированным материалом. Уран находится в минеральной и сорбированной формах [10].

Линия выклинивания промышленного оруденения в плане имеет извилистую конфигурацию. В проекции на горизонтальную плоскость отмечаются бессистемно расположенные "пустые" участки. В связи с прерывистостью оруденения в вертикальных сечениях отмечается сложное расщепление рудных залежей с образованием в разрезе цепочки уплощенных линз с многочисленными языкообразными ответвлениями. На участках сочленения создаются роллообразные формы. Конфигурация рудных залежей не всегда подчиняется слоистости вмещающих пород, в большей степени она обусловлена прихотливыми литолого-фациальными границами, определяющими положение рудных концентраций. Кровля и подошва залежей представляют собой сложные поверхности, напоминающие формы эолового выветривания.

5 История формирования и генезис месторождения

Формирование урановых руд месторождения Семизбай протекало в длительный период времени, являлось достаточно сложным и многостадийным. В формировании оруденения можно выделить четыре наиболее важных и крупных этапа.

С первым – ранним этапом, охватывающим период от юры до начала мела, связано образование, собственно, Семизбайской депрессии и формирование выполняющей ее рудовмещающей толщи. Структура наложена на складчатый фундамент и развивалась как межгорная эрозионно-тектоническая депрессия в условиях активизации тектонического режима, что определяется сопряженностью с зонами разломов в фундаменте, наличием сравнительно узкого эрозионного вреза и зонально-симметричным профилем строения. Образование семизбайской свиты в межгорной палеодолине в условиях достаточно активного, но неоднородного тектонического режима, семиаридного, а затем и аридного климата, явилось важным фактором формирования ее первичного седиментационного облика – создания фациальной зональности в плане и чередования проницаемых и водоупорных горизонтов в разрезе. Фациальные зоны аллювиальных сероцветов и делювиально-пролювиальных пестроцветов одновременно отражают первичную геохимическую, соответственно восстановительную и окислительную, обстановку. Поскольку аллювиальные сероцветы характеризуются насыщенностью органическими остатками, вероятными концентраторами урана, уже в процессе формирования отложений семизбайской свиты достаточно четко определились благоприятные литолого-геохимические предпосылки для экзогенного уранового рудообразования. Завершающую стадию рассматриваемого этапа, во время которой образовался верхний водоупор, можно считать началом оформления малого артезианского бассейна Семизбайской депрессии.

Второй этап (готерив-апт) является наиболее важным в формировании промышленного уранового оруденения месторождения. Этот этап ознаменовался общим поднятием территории и длительным перерывом в осадконакоплении, что способствовало установлению наиболее устойчивого инфильтрационного гидрогеологического режима бассейна. Именно в этот период произошло максимальное раскрытие депрессии, значительное эродирование рудовмещающей толщи и полное срезание на западе депрессии верхнего, а в ее верховьях - и нижнего водоупоров, т.е. создавались наиболее благоприятные условия для образования ураноносных вод и инфильтрации их по пластам водопроницаемых рудоносных горизонтов. Областью питания и транзита вод на большей части площади служили массивы гранитоидов. Направление потоков вод были ориентированы вдоль депрессии с запада на восток, соответственно уклону ложа, и от бортов к ее оси. Поскольку в западной части депрессии верхнесемизбайский подгоризонт был раскрыт, здесь существовали грунтовые воды, переходящие восточнее в пластовые. В нижнем подгоризонте господствовали пластовые инфильтрационные воды. На

ранней, более продолжительной (готерив-баррем), стадии этапа в районе существовал аридный климат и формировались преимущественно окислительные инфильтрационные воды. С ураноносными окислительными водами ранней стадии связано формирование древней зоны пластового окисления и образование на восстановительных геохимических барьерах уранового оруденения. С более поздней стадией (апт) в условиях гумидного климата связано образование преимущественно восстановительных пластовых вод.

Третий этап (альб-эоцен) в целом характеризовался направленным опусканием территории в условиях гумидного климата. В начале ранней стадии (альб-кампан) проявилась тектоническая активизация, с которой можно связать миграцию глубинных пластовых термальных вод и образование эпигенетических карбонатов. Впоследствии преобладали нисходящие тектонические движения, обусловившие морскую трансгрессию, к концу которой произошло почти полное перекрытие и захоронение депрессии под отложениями славгородской свиты. В это время в пределах семизбайского артезианского бассейна господствовал гидрогеологический режим с восходящими восстановительными пластовыми водами, которые привели к восстановлению ранее лимонитизированных пород и частичному уничтожению ЗПО. Рудные залежи были либо законсервированы, либо частично преобразованы и претерпели переотложение рудного вещества. Вторая стадия (маастрихт-палеоцен) – это период регионального перерыва в осадконакоплении, размыва и полного уничтожения в пределах депрессии отложений славгородской, частично прокурской свит и на западе части рудовмещающей толщи. В это время вторично произошло раскрытие семизбайской структуры и, в условиях аридизации климата, мог возобновиться окислительный инфильтрационный гидрогеологический режим. Третья стадия (эоцен) – время устойчивого опускания, максимальной и длительной трансгрессии моря. Именно этот отрезок времени наиболее важен в эпигенетических изменениях восстановительного характера, когда с наибольшей рельефностью проявились региональное обеление пород, почти полное уничтожение палео-ЗПО, вынос и перераспределение железа [6].

Четвертый, заключительный этап охватывает новейшую эпоху от олигоцена до антропогена. В целом это время относительно слабых тектонических движений на фоне общего воздымания территории, преимущественно аридного климата и инфильтрационного гидрогеологического режима. На этом этапе претерпели существенный размыв морские отложения эоцена, произошло частичное, в отдельных "окнах", раскрытие рудовмещающей толщи и формирование современного облика депрессии. В настоящее время Семизбайская артезианская структура характеризуется замедленной инфильтрацией пластовых слабоокислительных или гелиевых вод в рудовмещающих горизонтах.

Эпигенетические преобразования

Формирование продуктивной толщи месторождения Семизбай проходило в течение длительного времени и включало в себя процессы седиментации, диагенеза и различные по своей природе процессы эпигенетических преобразований. Существуют различные точки зрения на генезис месторождения.

С точки зрения Л.С.Евсеевой и др. формирование уранового оруденения тесно связано с процессами эпигенетического обеления (аргиллизации) пород за счет воздействия слабовосстановленных (гелиевых) кислых вод. В результате этих процессов в продуктивной толще создавались благоприятные условия для миграции и осаждения урана на участках, обогащенных Сорг.

По мнению Н.И.Волкова, В.И.Треусова и А.С.Рязанова, а позднее – и К.Б.Аубакирова, решающим в рудообразовании является тектонический фактор. К.Б.Аубакиров связывает образование трех рудоносных гипсометрических уровней с тремя этапами тектонических активизаций. С этой точки зрения генезис урановых руд связан непосредственно с восстановительными процессами, протекавшими под воздействием гидротермальных растворов, поступающих из тектонических зон фундамента. Процессы пластового окисления при этом не играли решающей роли в рудообразовании, но имели существенное значение в подготовке контрастной геохимической среды, благоприятной для локализации руд.

И.Г.Мельник и др. считают, что оруденение формируется на участках взаимодействия окислительных, инфильтрационных и восстановительных восходящих вод.

Точка зрения о древнеэпигенетической природе уранового оруденения в зоне пластового окисления (ЗПО) была высказана еще на стадии металлогенических исследований Б.Пигульским в 1970-71 гг. Основные ее положения были сформулированы на первых стадиях изучения месторождения (1973-75 гг.) и получили дополнительное обоснование и развитие при дальнейших работах (Пигульский, Полушаринов, Кондратьева, Боброва, Шмарович, Афанасьев и др.). Эти представления о генезисе месторождения приняты в настоящем отчете [21].

Эпигенетические преобразования отнесены к трем основным этапам:

- окислительных преобразований со стадиями поверхностного и пластового окисления;
- карбонатизации;
- восстановительных преобразований.

Детальные этапы эпигенеза описаны в отчетах Степногорской ГРП за 1979 и 1988 годы. Здесь приведена их краткая характеристика.

Этап окислительных преобразований. Процессы древнего поверхностного и пластового окисления получили широкое распространение в аллювиальных отложениях семизбайского горизонта. Визуально они проявляются в виде темно-желтой, бурой, светло-коричневой, вишневой окрасок в плотных водонепроницаемых алевроито-глинистых частях разреза среди светлых зеленовато-серых вторично восстановленных проницаемых

пород. Прямыми признаками окисления являются замещение гидроокислами и окислами железа прослоев сидерита и сидеритсодержащих алевролитов, микроконкреций пирита и марказита с сохранением их реликтов или образованием полных метаморфоз, а также окисление, вплоть до полной минерализации растительных остатков.

Зоны поверхностного окисления всегда связаны с древними поверхностями выветривания и наиболее достоверно устанавливаются в случае, если они перекрыты преимущественно красноцветными водонепроницаемыми породами, что исключает их дальнейшую переработку грунтовыми инфильтрационными водами. Наличие этих зон характерно для верхнесемизбайского подгоризонта, в отложениях нижнего подгоризонта они устанавливаются лишь в прибортовых частях депрессии. На отдельных участках месторождения к нижней части зоны поверхностного окисления приурочены повышенные концентрации урана. Как правило, эти участки значительно обогащены Сорг. Распространение их спорадическое, содержание урана достаточно убогое и лишь в отдельных случаях достигает балансовых значений. В пределах месторождения выделен лишь один блок категории С2 на площади участка 1 вблизи южного борта депрессии (ПР 172 – ПР 174).

Признаки стадии пластового окисления первично сероцветных отложений характерны для пачек слабопроницаемых пород песчано-алеврито-глинистого состава вблизи их контактов с хорошо проницаемыми пластами песчаных пород. Проявляются они в виде красно- и пестроцветных прослоев и катунов эпигенетически окисленных глин и алевролитов. Располагаются внутри песчаных водоносных горизонтов. Вследствие глубокой проработки последующими восстановительными процессами отложений горизонта в проницаемых песках отсутствуют прямые признаки окислительных преобразований. Также содержание в них Сорг довольно низкое (0,2-0,3 %). Цвет этих пород светло-серый, зеленовато-серый, белесый. Окисленные алевроито - глинистые породы располагаются симметрично в кровле и подошве подобных песчаных пластов, что свидетельствует о напорном характере кислородсодержащих вод и является одним из достоверных признаков ЗПО. По степени развития окислительных изменений в ЗПО выделяются две подзоны: полного и неполного окисления.

Подзона полного окисления в песчаных отложениях характеризуется практически полным отсутствием органических остатков, линзы, прослои и катуны алевроито -глинистого состава полностью окислены. На границе с водоупорами зона распространяется вглубь от первых см до первых десятков см, либо отсутствует вообще.

Подзона неполного окисления выделяется только в пачках относительно водонепроницаемых пород. Характерной чертой подзоны является избирательное окисление отдельных линз и прослоев, в то время как основная масса первично сероцветных отложений сохраняет свою окраску.

Наблюдается вся гамма изменений органического вещества – от остатков хорошей сохранности до полных псевдоморфоз по ним.

Зона эпигенетически не окисленных пород непосредственно примыкает к ЗПО и представлена сероцветными породами без видимых признаков окисления. В строении зоны выделяются подзоны эпигенетического восстановления (характеризуется обилием новообразованных дисульфидов железа) и диагенетических минералов (основным железистым минералом является сидерит).

Урановая минерализация локализуется в сероцветных породах, обогащенных органическим веществом, непосредственно на границе выклинивания ЗПО и распространяется вглубь сероцветов. Закономерное положение уранового оруденения к границе выклинивания палео-ЗПО устанавливается во всем разрезе семизбайского горизонта.

Этап карбонатизации проявляется в появлении крупнокристаллического кальцитового цемента в хорошо отсортированных породах разного геохимического облика. При наложении карбонатов на не окисленные образования, их цвет не меняется. При развитии карбонатизации по ранее лимонитизированным отложениям, они приобретают вишневые и красные цвета. В отложениях семизбайского горизонта карбонатизированные породы тяготеют к низам разреза и слагают широкие полосы, параллельные бортам депрессии.

Эпигенетическая карбонатизация пород семизбайского горизонта происходила в результате поступления термальных углекислых вод, под влиянием которого происходила метаморфизация гидроокислов и окислов железа. По отношению к урановому оруденению карбонатизация является пострудной и главная его роль сказалась в консервации оруденения и сохранения его от дальнейшего разрушения.

К этапу восстановительных преобразований относятся изменения пород, которые хорошо увязываются с современной гидрогеохимической обстановкой в депрессии. Влияние этих процессов отмечается во всех типах отложений, но проявляются они по-разному.

В первично красноцветных породах восстановление выражается в появлении каемок зеленовато-серой расцветки в слабопроницаемых разностях пород на контактах с хорошо проницаемыми. Пески полностью осветлены в результате восстановления, частичного выноса и переотложения железа. В сероцветных отложениях преобразования выражаются в формировании пирита и марказита, развивающихся по глинистому цементу и сидериту. Закономерности размещения дисульфидов в отложениях свидетельствуют о местном, биогенном источнике сероводорода при их формировании. При развитии дисульфидов по ранее окисленным породам гидроокислы железа корродируются, породы осветляются. В настоящее время пластовоокисленные пески имеют зеленоватую и белесую окраску, характеризуются низкими содержаниями железа.

К последней стадии эпигенетических преобразований относятся также коррозия и вынос карбонатов, отмеченные вдоль секущих трещин в карбонатизированных породах, сопровождающийся преимущественно формированием дисульфидов.

Наиболее поздние восстановительные процессы связаны с неоген-четвертичной активизацией. Однако, имея в виду то, что в прокурское время климат в районе был гумидный, а позднее территория была вовлечена в морскую трансгрессию, можно считать, что с конца нижнего мела в депрессии устойчиво существуют восстановительные гидрогеохимические условия [7].

Таким образом, поздний этап восстановительных преобразований является пострудным, на его фоне происходит частичное незначительное переформирование ранее созданных рудных тел без существенного изменения их морфологии.

6 Минералого-петрографические исследования

6.1 Минералогическое картирование

Минералогическое картирование по материалу скважин проводится с целью выявления минералого-петрографической и геохимической зональности в вертикальном разрезе рудных песков семизбайской свиты. Под *минералого-петрографической зональностью* вертикального осадочного разреза пород семизбайской свиты понимается выявление закономерностей в распределении определенных компонентов песка песчаных и алевроитовых фракций. Закономерности в характере распределения радиоактивной минерализации песков, также в вертикальном разрезе скважины, позволит получить *вертикальную рудную зональность*.

Изучение алевроитовых фракций проводилось методом рентгеноструктурного анализа на установке ДРОН-3 (полуколичественный рентгенофазовый анализ).

Выявление особенностей распределения урана по классам проводились методом РСА (рентгеноспектральным анализом). Радий в пробах определялся в комплексе с РСА U и Ra, Th [8].

В основу минералогического анализа был положен принцип выяснения роли типоморфных особенностей кварца и полевого шпата, как индикаторов процесса седиментогенеза, а также постседиментационных преобразований песков. Главная задача при проведении минанализа под бинокулярной лупой - выделение монофракций кварца с различными типоморфными свойствами, полевых шпатов и монофракций породных комплексов. В качестве основных типоморфных признаков выделяются цвет и прозрачность минералов. Для примера на рисунке 5 помещены фрагменты дорожек зерен монофракций пробы 21272, размерности (2-1мм), расфракционированных по типоморфным признакам.



а) Кварц прозрачный



б) Кварц мутный



в) Кварц дымчатый



г) Калишпат прозрачный



д) Калишпат цветной

Рисунок 5 - Образец, фракция (2-1мм). Монофракции кварца и полевого шпата по типоморфным признакам

6.2 Типоморфные признаки кварца и полевого шпата в рудных разрезах

Кварц «серых» рудных песков.

Основным пороодообразующим компонентом серых песков является *серый дымчатый кварц*, который определяет цветовую окраску серых рудных песков. *Серая дымчатая окраска кварца является основным его типоморфным признаком*, и, соответственно, именно этот признак определяет геохимический тип «серых» рудных ураноносных песков.

Интенсивность окраски дымчатого кварца представлена в широких пределах. В минеральном составе рудовмещающих песков отмечаются по интенсивности и густоте окраски одновременно несколько разновидностей кварца с дымчатой окраской от черно-серых, темно-серых (морионов) до серых, светло-серых (дымчатых кварцев). Первые данные по минералогическому составу рудных проб месторождения Семизбай позволяют сделать выводы, что интенсивность дымчатой окраски кварца хорошо коррелирует с ураноносностью песков.

Вторым важным типоморфным признаком является степень прозрачности кварца с дымчатой окраской. Следует отметить, что прозрачные разновидности дымчатых кварцев резко преобладают в составе рудных песков.

Появление дымчатой окраски Н.Е. Веденеева связывает с действием лучей радиоэлементов, адсорбированных кварцем. Для появления более темной окраски, характерно для морионов, необходимо содержание $1,5 \times 10^{-6}$ г урана на 1 г кварца. Хромофор дымчатого кварца образуется в самой решетке. Окрашивающие центры приурочены к дефектам в решетке, которые, по-видимому, создаются в результате адсорбции кварцем в процессе кристаллизации чужеродных атомов (атомов радиоактивных и других элементов) [23].

Заслуживают внимания данные Г.Г. Леммлейна и Б.Я. Осадчева (1945) о распределении дымчатой и бесцветной разновидностей кварца в полости одной из уральских жил. В верхней части этой полости наблюдаются только бесцветные кристаллы; ниже они сменяются бледно-дымчатыми кристаллами, которые, в свою очередь, книзу постепенно сменяются густоокрашенными дымчатыми кристаллами. Причиной этого Г.Г. Леммлейн и Б.Я. Осадчев считают гравитационное расслаивание растворов, выполнявших полость во время образования кристаллов кварца. В результате такого расслаивания тяжелые элементы, в том числе торий, оказались сконцентрированными в растворе нижней части полости. Раствор же верхней части полости оказался свободным от этих элементов. Наличие тория названные авторы считают главной причиной появления дымчатой окраски кварца. С радиоактивным распадом тория связывается переход поглощенного кварцем при росте его кристаллов иона Fe^{2+} в ион Fe^{3+} , который рассматривается как причина дымчатой окраски.

Наличие небольших количеств железа установлено в образцах дымчатого кварца из некоторых месторождений. Например, в дымчатом кварце в северной Чехии содержится 0,006-0,009% Fe_2O_3 .

Г.Г.Леммлейн установил, что дымчатой окраске кварца из разных месторождений сочетаются две окраски: дымчатая и желтая. Пирамиды нарастания разных граней дымчатого кварца отличаются по соотношению желтой и дымчатой окрасок. В кристаллах морионов из пегматитовых жил и в искусственно окрашенных кварцах из рудных жил обычно сочетание дымчатой окраски с желтой.

Данные более детальных исследований окраски кварцев последних лет публикуются по результатам работ специалистов в области минералогии и кристаллофизики ювелирных разновидностей кремнезема – дымчатого кварца, мориона, цитрина, аметиста, хризопраза, агатов, опала [22].

В главе «О природе центров окраски морионов и нерадиационных цитринов» сказано, что изучение данных ЭПР и оптических спектров поглощения в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной областях кристаллов кварца с темно-дымчатой окраской (так называемых морионов) позволило установить, что оптические спектры поглощения морионов в ультрафиолетовой и видимой по строению полностью аналогичны спектрам поглощения дымчатого кварца. Дымчатая окраска в кварцах выявлена авторами в связи с образованием и своеобразным распределением Al-центров в структуре дымчатых кварцев. Кроме этого, констатируется, что некоторые природные разновидности Al-содержащих более темных кварцев, морионов, имеют валентные колебания ОН-групп, расположенных вблизи различного рода примесных дефектов в реальной кристаллической структуре кварца.

Малая концентрация ОН-дефектов в морионах объясняется, очевидно, тем, по генезису эти кристаллы относятся к самой высокотемпературной разновидности α -кварца. Именно эта разность образуется в пегматитовом процессе в условиях повышенного содержания щелочей, поэтому компенсаторами в морионах выступают в основном ионы щелочных металлов. Кроме присутствия большого количества Al-центров дымчатой окраски в морионах, с которыми и связана интенсивная дымчатая окраска, имеет место повышенное содержание различного рода кислородных и кремневых вакансий и дивакансий, что непосредственно устанавливается по данным спектров ЭПР. Все это, очевидно, следствие специфических условий формирования кристаллов мориона в природных условиях при повышенных пересыщениях по сравнению с другими разновидностями кварца.

До сих пор исследование примесного состава проводилось почти исключительно методами спектрохимического анализа. Между тем спектральный анализ дает лишь валовое содержание примесей в образцах, тогда как для выяснения геохимических особенностей минералообразования большой интерес представляют установленные формы захвата примеси (примесь замещения и внедрения, мелкокристаллические и коллоидные включения и так далее). Приведенные в главе данные показывают, что уже в

настоящее время на основании изучения центров окраски в кварце можно сделать ряд выводов об условиях кристаллизации (примесный состав раствора, характер изменения температуры и кислотности в процессе роста), а также получить довольно обширную информацию о геохимических особенностях вмещающих пород.

При изучении вещественного состава руд месторождения Акдала Чу-Сарысуйской депрессии кварцы с темной дымчатой окраской были изучены дифрактометрически и на электронном микроскопе.

Об углеводородах и газовой-жидких включениях в кристаллах кварца имеется обширная информация, которая поступала от исследователей, занимающихся изучением реликтов рудообразующих сред в минералах. Обзор сведений о различных углеродсодержащих веществах во включениях кварца и других минералов приведен Л.Н.Крапченко в Трудах ВНИГРИ, 1963, выпуск 212, №8 в работе “Капли нефти” в кристаллах минералов. Сейчас уже известны включения желтой нефтяной жидкости в горном хрустале из пегматитов на Алдане. В сотовых кварцах с Золотой горы содержится 7,8% (объемных) газообразных углеводородов. В черных опалах из пегматитов Волыни обнаружено “органическое вещество” в количестве 8,9%. При прокаливании до 300°C опал светлеет, а при 600°C обесцвечивается. Термический анализ обнаружил экзоэффект в области 200-550°C.

Изучение газовой составляющей пегматитов, залегающих среди гранитов, позволило обнаружить содержание CH_4 16,5%, H_2 до 22%. В гранитах эти газы почти отсутствуют. Здесь же установлено присутствие метана в сотовом кварце в количестве до 6%.

Среди прозрачного кварца отчетливо выделяются по дымчатой окраске наиболее темные его разновидности - черно-серые, темно-серые, и нормально серые или светло-серые, нередко с бледно-бежево-коричневыми оттенками. Наиболее темные окраски позволяют отнести темно-серый дымчатый кварц к морионам, а для более светлых разновидностей применять термин дымчатый кварц или кварц дымчатой окраски. И в том, и в другом случае, при количественном подсчете обломочных зерен, содержание прозрачного дымчатого кварца влияет на минералогический состав и определяет геохимический тип рудных серых песков.

Зерна дымчатого кварца представлены обломками и осколками кристаллов, прозрачны, чаще всего водянопрозрачны, иногда в них заметны включения минералов, но в большей степени это очень чистые экземпляры. Отличаются декоративным видом. В отдельных ситуациях можно отметить некоторые зерна с геммологическим значением – это наиболее чистые экземпляры, равномерно окрашенные, притемненные, бледно-коричнево-серые с особым хрусталевидным блеском. Дымчатые зерна кварца иногда являются осколками кристаллов, часто с сохранением кристалломорфологических граней, с элементами свободного роста кристаллических форм. Очень часто встречаются идиоморфные кристаллики

мориона, представленные гексагональной дипирамидой и осложненные плохо развитой гексагональной призмой.

К прозрачным разностям обломочного кварца относится также бесцветный водяно-прозрачный кварц. Надо отметить, что в составе грубых фракций прозрачный кварц практически не отмечается. А вот начиная с фракции крупнозернистой размерности песка 1-0,5мм его уверенно можно выделять в монофракцию. Возможно, что прозрачный кварц — это мелкая размерность светло-серого дымчатого кварца.

Кварц мутный в обломочных зернах отчетливо отличается от кварца прозрачного. Мутные разности кварца также отмечаются в двух тонах серой окраски – темно-серой и светло-серой. Но интенсивность окраски серых мутных кварцев по сравнению с кварцем серым прозрачным выглядит, несомненно, слабее или, правильнее сказать, менее выразительно и менее контрастно.

Кварц мутный по визуальным признакам резко отличается от кварца дымчатого. Ему не характерен декоративный вид. Обломочные зерна мутного кварца в грубых фракциях непрозрачны, им свойственна матовость, они не блестят, как дымчатые. Характерной их чертой часто бывает агрегативность. Если дымчатые зерна – это осколки кристаллов, часто с сохранением граней роста, с элементами свободного роста кристаллических форм, то мутные серые кварцы характеризуют агрегаты зернистого срастания. Мутность обломков непрозрачного кварца объясняется, видимо, двухфазными газожидкими включениями (ГЖВ): жидкая фаза может включать конденсат CO₂. Обломочные зерна кварца мутного имеют еще одну отличительную особенность – в них очень часто отмечаются полости выщелачивания. Нередко стенки полостей выщелачивания покрыты охрами гидроокислов железа. По всей видимости, это полости выщелачивания железосодержащих карбонатов, скорее всего железистого доломита. Мутные кварцы также имеют жильное происхождение, хотя условия их роста и раскристаллизации были, по всей видимости, стесненными. Еще одна отличительная от прозрачного кварца черта – они непарагенны с полевыми шпатами.

Дымчатые кварцы рудных «серых» песков в генетическом отношении могут являться продуктом разрушения пегматитовых жильных образований, слагая стенки жил и полостей, в которых в последующие этапы отлагалась более поздняя минерализация с генетикой свободного роста кристаллов дымчатого кварца и полевого шпата.

Полевые шпаты «серых» рудных песков.

Полевым шпатам также присущи типоморфные признаки, по которым их можно фракционировать. На начальном этапе работ (без оптической микроскопии, только по наблюдениям под МБС) сделана попытка разделить полевые шпаты по прозрачности.

Непрозрачные полевые шпаты могут иметь серые окраски, красно-серые, коричневато-розовые, ярко-розовые. Наряду с непрозрачными отмечаются водяно-прозрачные, полупрозрачные полевые шпаты - адуляры (калиевые

полевые шпаты) и, возможно, клевеландит - бесцветная до слегка голубоватого цвета пластинчатая разновидность альбита. Идеально водянопрозрачных обломочных зерен полевых шпатов мало. Чаще всего адуляры несут тонкодисперсный пигмент в виде точечных микровключений ярко-красного, коричневого, коричнево-красного цвета. Эта разновидность полевых шпатов имеет, как и дымчатые кварцы, декоративные свойства. При вращении обломочных зерен адуляров проявляется радужный эффект иризации. Возможно, иризация обусловлена красными вростками окислов железа. Но, возможно, что это эффектное привлекательное свойство возникает за счет дисперсии света и объясняется прорастанием калишпата микровключениями альбита. Эффект иризации или опалесценции характерен и для многих окрашенных разновидностей полевых шпатов. В этих ситуациях декоративные свойства создаются именно тончайшими вкраплениями фазы альбита в структуре калиевого полевого шпата. Полевые шпаты изучаемых рудных проб отличаются своей химической устойчивостью в наблюдаемых условиях зоны гипергенеза. Обломочные зерна кристаллов полевых шпатов выглядят достаточно свежими, практически, без признаков замещения глинистыми минералами. Можно отметить только, что в некоторых обломках полевых шпатов в грубых фракциях отмечаются полости выщелачивания каких-то полностью разложившихся минералов. Возможно, оптические исследования под микроскопом восполняют этот пробел.

Следует отметить, что кроме описываемых разновидностей химически устойчивых полевых шпатов, в незначительном количестве можно выделить сильно обеленные, каолинизированные. В подсчет минералогического состава из-за их малого количества эти монофракции не вошли. Предположительно, каолинизированные разновидности полевых шпатов характеризуют обломки кристаллов из состава полевых шпатов в порфировых выделениях эффузивных пород. Такие наблюдения имели место при описании галечного материала. По данным минералогического анализа на основе замера радиоактивности монофракций прозрачных и непрозрачных полевых шпатов, так же как и для дымчатых кварцев, устанавливается корреляционная зависимость их количества с радиоактивностью проб.

Как и дымчатый кварц, повышенные содержания микроклина и альбита в рудных песках свидетельствует о том, что они так же являются продуктами разрушения жильных альбит-микроклиновых пегматитов [23].

6.3 Общий характер ураноносных пегматитов

Проявления урановой минерализации в пегматитах весьма многочисленны. Почти в каждом пегматитовом поле можно найти тела с урансодержащими минералами. Наиболее широко ураноносные пегматиты распространены в докембрийских массивах. По геологическим условиям проявления и основным характерным чертам пегматиты различных полей в

общем довольно разнообразны, отличаясь лишь деталями минералогического состава, строения и формы.

Однако к пегматитам относят различные образования. Канадские геологи, например, выделяют: 1) гранитные пегматиты, 2) «месторождения пегматитовых кристаллических сланцев» или «мигматиты», 3) диоритовые пегматиты и 4) кальцит-флюоритовые пегматиты. Образования второго и четвертого типов можно относить к пегматитам лишь условно.

Среди ураноносных пегматитов, в соответствии с классификацией А.Е. Ферсмана, можно различать следующие типы пегматитов: редкометалльные, мусковитовые и литиевые. Содержание урана на массу породы во всех типах невысоко, а запасы руды невелики, что делает этот тип оруденения малоинтересным в промышленном отношении. Поэтому ниже ограничимся общей их характеристикой.

Ураноносные пегматитовые тела залегают среди различных пород: интрузивных массивов (гранитов, сиенитов, гранодиоритов и других), с которыми они связаны генетически, а также среди вмещающих интрузии кристаллических сланцев, гнейсов, амфиболитов, кремнисто-карбонатных толщ. Для большинства пегматитовых тел характерна жилкообразная или линзовидная форма. Размеры отдельных залежей колеблются в весьма широких пределах от нескольких сантиметров до полутора километров и более в длину и от долей сантиметра до сотен метров в ширину.

Минералогический состав ураноносных пегматитов хорошо изучен А.Е. Ферсманом (1940). Урановые минералы, по его писанию, представлены тантало-ниобатами или титано-тантало-ниобатами и уранинитом, причем последний обыкновенно содержит примесь тория-бреггерит или редких земель - клеветит, нивенит. В выделяемых А.Е. Ферсманом редкометалльных и мусковитовых пегматитах уранинит обычен в тесной ассоциации с полевыми шпатами и кварцем.

В некоторых пегматитах присутствуют соединения типа тухолита или антраксолита. Кроме перечисленных минералов уран может входить в состав редкоземельных фосфатов и таких силикатов, как ортит, чевкинит, циркон и гадолинит.

Из вторичных минералов зоны окисления для пегматитов наиболее характерны различные гидроокислы и силикаты урана, хотя встречаются фосфаты и другие урановые соединения [24].

Для пегматитов, так же, как и для других урансодержащих залежей, является характерным изменение окраски различных минералов в радиоактивных участках. Так, *кварц пегматитов обычно становится дымчатым, полевые шпаты приобретают красные цвета* и в них возникают характерные трещины, если в составе пегматита имеются карбонаты, то они характеризуются красными цветами, флюорит становится черно-фиолетовым.

Ураноносные пегматиты обычно представляют собой тела, имеющие в различных своих частях неоднородное строение или неоднородный минералогический состав. Эти разнородные участки пегматитового тела

имеют вид или жилообразных тел, возникших путем заполнения трещин в ранее образованном пегматите, или части пегматита, метасоматически замещенного новым минеральным агрегатом. Или это зоны, то есть последовательные полные и неполные оболочки, располагающиеся вокруг внутреннего ядра и отражающие в той или иной степени форму и строение пегматитового тела.

Зональность является весьма характерной чертой строения ураноносных пегматитов. Выделяют следующие структурные части пегматитов: 1) краевые зоны, 2) боковые зоны, 3) промежуточные зоны и 4) ядро. Краевые зоны представляют собой тонкозернистые краевые оторочки, редко превышающие по толщине несколько сантиметров. Боковые зоны, примыкающие с внутренней стороны к краевым зонам, обычно более грубозернисты и имеют значительно большую толщину. Боковую зону от ядра отделяет одна или несколько промежуточных зон, которые, как правило, более грубозернисты, чем внешние зоны.

Ядра представляют собой структурные единицы неправильной линзообразной формы, занимающие более или менее центральное положение в наиболее мощных частях пегматитового тела. Нормально в состав ядра входят очень грубозернистые минералы. Пегматиты, в которых зональная структура плохо развита, могут содержать небольшие неравномерно распределенные массы грубозернистых минералов в форме линз и гнезд, напоминающих ядра.

Последовательность минеральных ассоциаций указывает на общую закономерную смену структурных единиц (устанавливаемых по существенным минеральным компонентам) по направлению от боковой породы к центральным частям пегматита. Последовательность эта такова: 1) плагиоклаз, кварц, мусковит; 2) плагиоклаз, кварц; 3) кварц, пертит, плагиоклаз с мусковитом и (или) биотитом или без них; 4) пертит, кварц; 5) пертит, кварц, плагиоклаз, амблигонит, сподумен; 6) плагиоклаз, кварц, сподумен; 7) кварц, сподумен; 8) лепидолит, плагиоклаз, кварц; 9) кварц, микроклин; 10) микроклин, плагиоклаз, литиевая слюда, кварц и 11) кварц. Отдельные пегматитовые тела не содержат все одиннадцать зон, но те из зон, которые в данном пегматите присутствуют, располагаются в указанной последовательности.

Многие жилообразные тела заполнения трещин явно одновременны с внутренними зонами и имеют такую же зональную последовательность. В количественном отношении они не имеют существенного значения.

Метасоматические тела варьируют от тонких прерывистых жилок до участков в несколько десятков метров мощностью и более 150м в длину. Им свойственна неправильная, плоская, линзообразная или листообразная форма.

Урансодержащие минералы могут присутствовать в различных структурных элементах пегматитовых тел, но наиболее обычны они в промежуточных зонах и ядре зональных пегматитов. В выполнениях трещин и метасоматических элементах они менее обычны.

Не все промежуточные зоны в равной степени содержат урановые минералы. Урановые минералы характерны только для зон определенного состава. В перечисленных выше одиннадцати зонах урановые минералы распределяются следующим образом: в зоне 1, состоящей из плагиоклаза, кварца и мусковита, они встречаются редко. В зоне 2 не наблюдались; в зонах 3 и 4 весьма обычны, в зонах 6, 7 не наблюдались. Таким образом, урановые минералы преимущественно приурочиваются к зонам, в состав которых входит пертит.

Пегматиты простого строения содержат урановые минералы преимущественно в том случае, если по своему минералогическому составу и структуре они соответствуют зонам 3 и 4. Такие зоны наиболее благоприятны для урановых минералов и в сложных пегматитах.

Преимущественная приуроченность урановых минералов к зонам определенного состава облегчает исследование и оценку ураноносности пегматитовых тел. При этом, однако, следует иметь в виду, что зональность пегматитов проявляется в различной степени, на различных горизонтальных срезах.

Распределение урановых минералов даже в «благоприятных» зонах весьма неравномерно. Они встречаются как в виде вкрапленности мелких зерен, так и в виде крупных выделений. Наличие участков пегматитов, обогащенных урановыми минералами, и крупных выделений последних позволяет получать урановые концентраты из пегматитовых тел.

Несмотря на низкое содержание урана на массу пегматита, не превышающее тысячные и лишь в редких случаях сотые доли процента.

О генезисе пегматитов существуют различные мнения, и ураноносные пегматиты в этом отношении не представляют исключения. Сходство пегматитов различных областей и их малое практическое значение в качестве источника получения уранового сырья исключают необходимость подробного описания отдельных районов их проявлений. Мы ограничимся приведением лишь кратких сведений, остановившись подробнее урановом оруденении в пегматоидных гранитах и мигматитах Канады.

Рудопроявления этого типа, так же относимые канадскими геологами к пегматитам, представляют собой мигматиты, кристаллические сланцы и гнейсы, обычно богатые биотитом, проникнутые тонкими полосами гранитного пегматита. В других местах гранитные пегматиты образуют более широкие параллельные полосы или кулисообразно расположенные линзы или дайки, перемежающиеся со сланцами или гнейсами. Наиболее обычными радиоактивными минералами в этом типе минерализации являются уранинит и ураноторит. Иногда радиоактивные минералы более обильны в сланцах, чем в мигматитах. Это, возможно, свидетельствует о том, что биотит являлся осадителем урана [23].

6.4 Радиологическая характеристика руд

В виду недостаточного финансирования на аналитические работы, радиологические свойства руд изучены в ограниченном объеме. В первую очередь были проведены определения радия по интегральному гамма-излучению в комплексе с рентгеноспектральным определением урана, коэффициент радиоактивного равновесия (Крр) по пробам двух скважин.

Прежде всего, обращает на себя внимание большой разброс значений коэффициента радиоактивного равновесия в изучаемых пробах. Низкие значения Крр рудных рыхлых песков свидетельствуют об интенсивности наложенных гипергенных процессов, которые привели к значительному перераспределению урана. Наряду с низкими значениями Крр (хорошо выщелачиваемые руды), отмечаются пески и с большой величиной Крр (упорные руды для ПСВ). Необходимо обратить внимание на равновесное состояние руды в гальке гранит – аплит - пегматита (проба 1), что свидетельствует о содержании в ней первично магматогенного урана. Повышенные значения Крр установлены в образцах катунов багрово красных глин с интенсивной рубашкой обеления (проба 2, рисунок 6).



Рисунок 6 - Образец 1. Галька катуна багрово-бурых глин



Рисунок 7 - Образец 1-1. Поверхностная зона восстановления гальки катуна багрово-бурых глин

Катуны глин являются реликтами ураноносной коры выветривания на первично магматическом разрезе пегматитов. По литературным данным, такие

коры называются «красная земля». Высокие содержания радия свидетельствуют о первично ураганных концентрациях урана в этих образованиях. В процессе разрушения, денудации и переотложения первичных пород в зону сноса происходит частичный вынос легкорастворимых минералов урана из багрово-красных кор. Как следствие, галька, образовавшаяся из продуктов коры выветривания в виде «глинистых» катунов, в процессе седиментогенеза обогащается радием по отношению к урану, сохраняя достаточно высокие ($U=0,0630\%$) реликтовые содержания урана в своем составе.

Минеральный состав багровой гальки 1 был установлен рентгеноструктурным анализом. Главным компонентом состава является кварц (80%), в подчиненном количестве присутствуют гематит (15%), каолинит (4%) и слюда (1%). Кроме этих минералов на дифрактограмме пробы в ее составе содержится фаза рентгеноаморфного вещества в достаточно заметно количестве. Рентген отмечает также, что все минералы состава гальки бурых глин относятся к веществам дисперсным, плохо окристаллизованным. Для получения дополнительных аргументов по поводу вышеизложенных выводов необходимо определить в пробе 1 свинец и торий (РСА), провести иммерсионные оптические исследования [8].

В карбонатизированных породах установлен также большой разброс значений коэффициента радиоактивного равновесия. Анализируя данные по соотношению урана и радия в перечисленных породах, можно сделать ниже следующие выводы.

В линзе конгломератов на глинисто-карбонатном цементе в пробе 2 (рисунок 8) с признаками слабого окисления, а также в неокисленных участках линзы зеленого песчаника в пробе 3 (рисунок 9) процесс выноса урана нехарактерен и $K_{рр}$, соответственно, характеризуется низкими значениями – 0,37 и 0,59.

Линза окисленных песчаников (проба 4, рисунок 10) на карбонатном цементе по всей видимости достаточно проницаема, окислена с выносом урана и накоплением радия ($K_{рр}=2,26$).

Для линзы зеленых песчаников с интервала глубин 130,2 – 131,2м характерна вторичная трещиноватость. В отдельных участках параллельно расположенных трещин формируется полосчатая эпигенетическая текстура процессов позднего гипергенного окисления с развитием гидроокисных минералов железа и выноса урана. Высокая интенсивность выноса урана сопровождается значительным накоплением радия в окисленных участках, о чем свидетельствует $K_{рр}$, равный 5,1.



Рисунок 8 - Проба 2. Керн линзы конгломерата на глинисто-карбонатном цементе.



Рисунок 9 - Проба 3. Керн слабо окисленного песчаника на карбонатном цементе.



Рисунок 10 - Проба 4. Линза окисленных по трещиноватости песчаников на карбонатном цементе.

6.5 Гранулометрический минералогический анализ

В отчете за 3 квартал 2005 года приводились данные по распределению урана в гранулометрических классах песков месторождения Семизбай с учетом содержания урана в составе выделенных коллоидных фракций и в составе фильтратов. Было обращено внимание на высокое относительное концентрирование урана коллоидами. Поскольку именно этот уран извлекается при ПСВ в первую очередь, то изучение вещественного и количественного состава коллоидной фракции имеет важное значение. Кроме

того, именно коллоидные, глинистые тонкодисперсные минералы порового наполнителя песка оказывают существенное влияние на фильтрационные свойства пород при выщелачивании урана. Из вышесказанного следует, что необходимо отработать методику исследования и изучения физико-химических свойств этого компонента песков. В связи с этим, ниже подробно излагаются особенности методик проведения грананализа, поскольку теория этого вопроса очень сложна. Также подробно излагается характер поведения коллоидной фракции при отмучивании. На основе анализа фактического материала предлагается для получения количественной оценки состава тонких фракций использовать инженерный гранулометрический анализ.

Гранулометрический минералогический анализ при изучении руд и вмещающих пород пластово-инфильтрационных месторождений урана предполагает сепарацию породы, и отдельное изучение обломочной части галечно-гравийно-песчаной и алеврито-глинисто-коллоидной размерностей.

В рыхлых и слабоцементированных породах для детального изучения состава обломочной части и тонкой составляющей порового наполнителя песка производится их разделение после перевода в суспензию, техника которого описана во многих руководствах [20].

Фракционирование суспензий для последующего минералогического анализа производится сливанием верхних 5 см из емкости, в которую суспензия помещается.

Из опыта многих лет работы на месторождениях урана в Чу-Сарысуйской провинции для получения гранулярных характеристик рыхлых песчаных урановых породах оптимальный вариант соотношения проба – вода составил 100г пробы на 1л дистиллированной воды. Проба замачивается примерно на сутки. Если не требуется выполнения полного гранулометрического анализа, для проведения минералогических исследований достаточно разделения породы на три части – песчаную $>0,05\text{мм}$, глинистую $<0,005\text{мм}$ и промежуточную, алевритовую, часть $0,05 - 0,005\text{мм}$.

Все три фракции высушиваются, определяется их масса и рассчитываются процентные содержания. Гравийно-песчаная часть породы расситовывается на ситах с получением весовой характеристики грубых гравийно-песчаных классов по данным ситового анализа. Для фракций гравийно-песчаной размерности осуществляется количественный подсчет минеральных компонентов под микроскопом бинокулярным стереоскопическим типа МБС-1, МБС-2, МБС-8, МБС-10. Это метод можно считать количественно-минералогическим. Учитывая, что подсчет производится для минералов и других компонентов фракций песка, правильнее называть этот метод объемным количественно-минералогическим анализом по достижению конечного результата – вычислению объемов компонентов.

Отдельные обломки гравийного размера, так же, как и галечный материал, в обязательном порядке должны пройти более точную оптическую диагностику. Для этого необходимо изготовление прозрачных и

полированных шлифов и получение минералого-петрографических описаний с помощью поляризационных микроскопов. Грубообломочные компоненты песков несут достаточно богатую информацию о составе и тектонической природе источников питания, позволяя в некоторых случаях достоверно установить весь спектр слагающих эти источники пород, а иногда и их возраст.

Определенные гранулометрические классы песчаной составляющей могут быть разделены на тяжелую и легкую фракции. Последняя, отделенная от тяжелых минералов или неотделенная от них, является предметом минералого-петрографического изучения. Основным методом исследования минерального состава тонких фракций песков, опять же исходя из опыта работ на «южных» месторождениях урана, является рентгеноструктурный анализ – РФКА, в основном, рентгенофазовый полуквантитативный анализ [13].

6.6 Описание минералов

Основные породообразующие минералы представлены следующими минералами: кварц, полевые шпаты, различные обломки пород, слюдистые и слюдopodobные глинистые минералы. Помимо вышеуказанных минералов, присутствуют второстепенные и акцессорные минералы, и еще урановая минерализация.

Кварц. Кварц является основным обломочным минералом в песках пробы 1Т. Песчаный класс содержит 57,6% кварца. В составе алевроитового и глинистого класса песков содержится 31-41% кварца. Форма зерен кварца, обычно, окатанная, полуокатанная, с очень неровным рельефом поверхности. В составе мелко, тонкозернистых фракций песка, зерна кварца имеют остроугольную форму. Для мутных, полупрозрачных обломков кварца крупно, среднезернистых фракций песков, характерна бурая, дымчатая, темно-серая, желтоватая окраска, реже, серая, беловато-серая. Мелко, тонкозернистые фракции песков состоят из прозрачного, бесцветного кварца. Зерна кварца содержат многочисленные включения (Рисунок 11, 12, 13) В неровностях поверхности кварцевых зерен отмечаются налеты белого глинистого агрегата, гнезда кристаллического пирита, красно-бурые гнезда агрегата гидроксида железа (Рисунок 14).

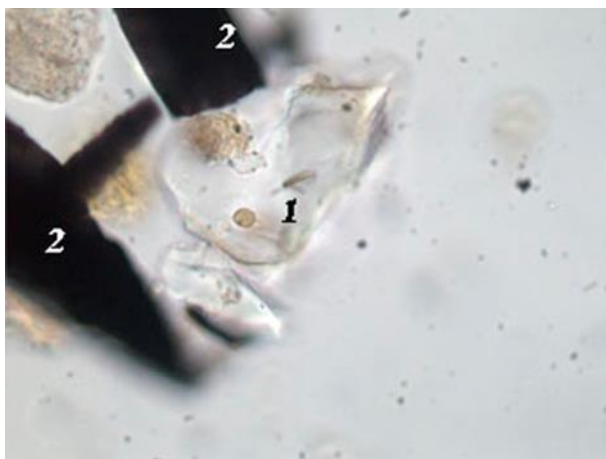


Рисунок 11. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Кварц с включением биотита (1).
Углефицированная органика (2).
Николи ||. Увеличение 630*

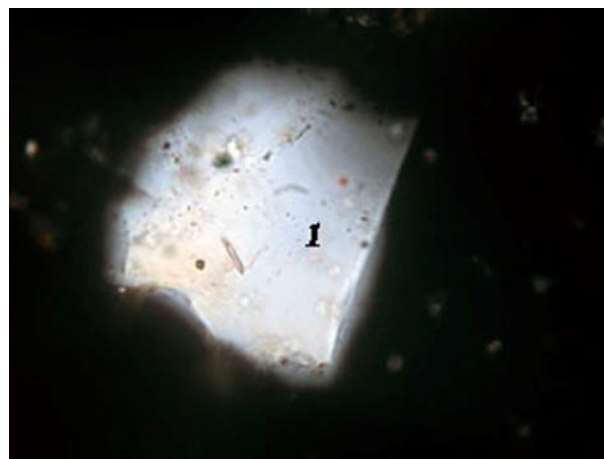


Рисунок 12. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Кварц с газово-жидкими
включениями, рутилом (1). Николи ||.
Увеличение 630*

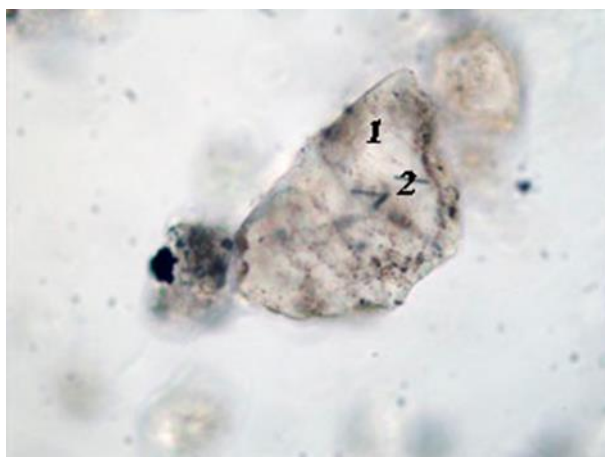


Рисунок 13. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Кварц с включениями рутила (1)
Николи ||. Увеличение 630*

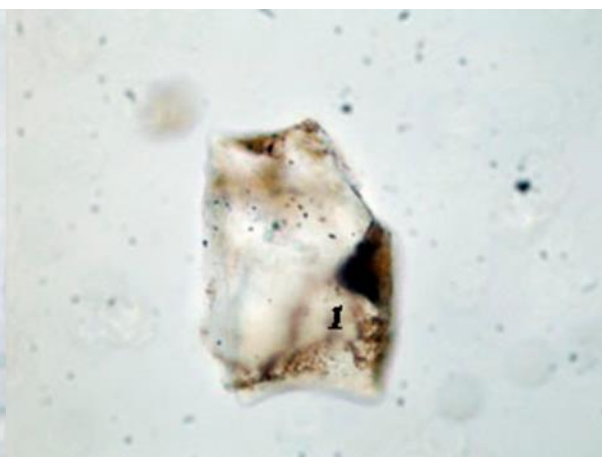


Рисунок 14. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Кварц с налетами гидроксида железа
(3) Николи ||. Увеличение 630*

После проведения опытного выщелачивания, на поверхности обломков кварца в песках проб 1-1Т, 2-1Т, 3-1Т, 4-1Т отмечаются тонкие налеты дисперсного алевроито-глинистого агрегата белого цвета и агрегаты гидроксида железа виде красно-бурых гнезд (Рисунок 15, 16).

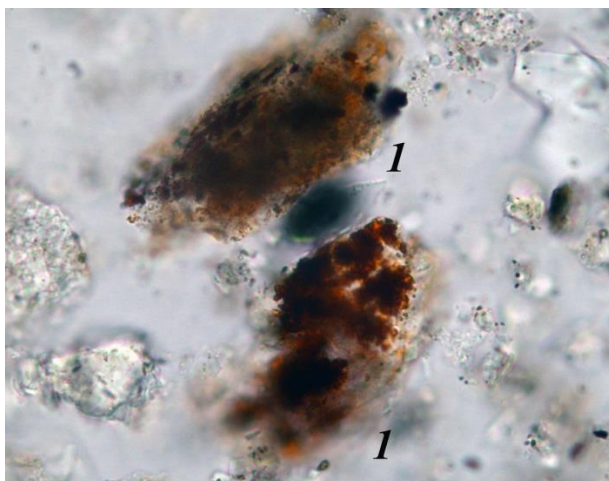


Рисунок 15. Проба 1-1Т, фракция 0,1–0,05.

Кварц с налетами гидроксида железа
(1)

Николи ||. Увеличение 630*

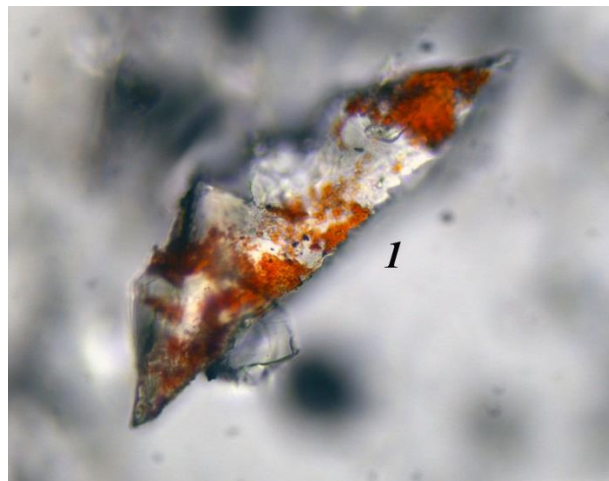


Рисунок 16. Проба 3-1Т, фракция 1–0,5.

Кварц с налетами гидроксида железа
(1)

Николи ||. Увеличение 400*

Полевые шпаты. Полевые шпаты составляют 4,2% состава песчаного класса песков пробы 1Т. Алевритовый и глинистый классы песков содержат 10–12% полевых шпатов. По данным РФА, полевые шпаты представлены альбитом и микроклином. Характерно некоторое количественное преобладание микроклина. Зерна полевых шпатов имеют полуокатанную форму, обычно, белого, реже, серого, буроватого цвета, нередко, с ясно выраженными плоскостями спайности (Рисунок 17, 18). По результатам микроскопического анализа в довольно большом количестве отмечается интенсивно пелитизированный калишпат коричневатого-бурого цвета (Рисунок 19, 20).

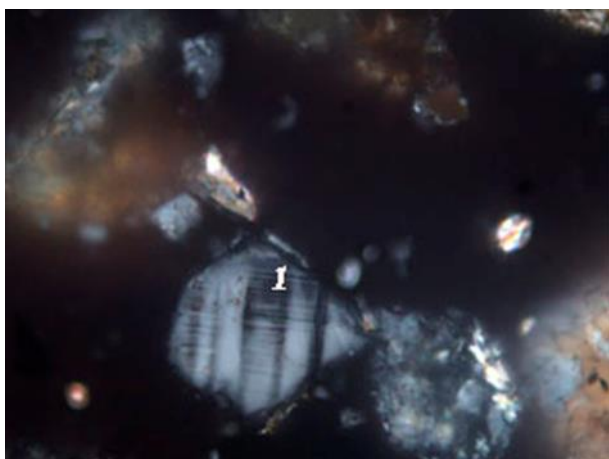


Рисунок 17. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05. Микроклин (1). Николи ×. Увеличение 630*

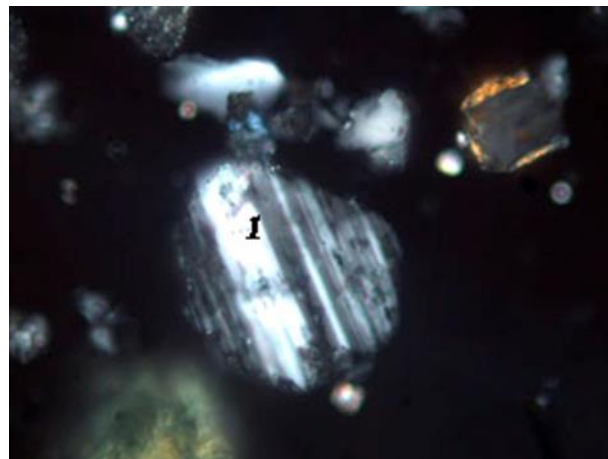


Рисунок 18. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05. Альбит (1). Николи ×. Увеличение 630*

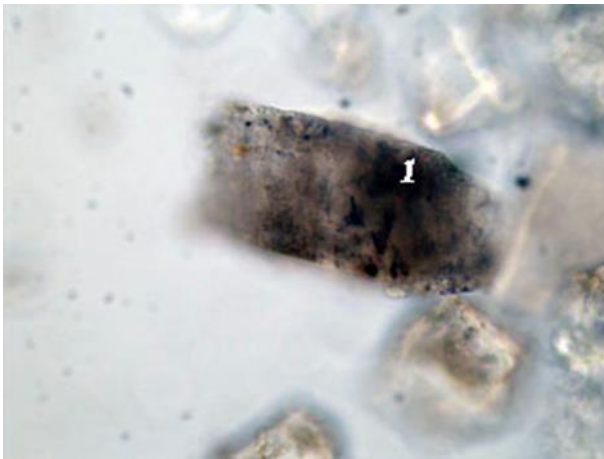


Рисунок 19. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Пелитизированный (дисперсный каолинит) калишпат (1). Николи ||.
Увеличение 400*

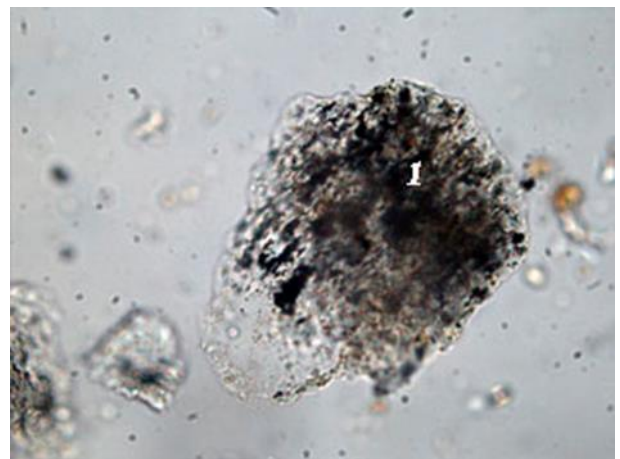


Рисунок 20. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05. Калишпат, с выделениями дисперсного оксида титана (1). Николи ||.
Увеличение 630*

В результате длительного кислотного воздействия, в песках происходит усиление пелитизации калиевых полевых шпатов. По зернам решетчатого микроклина и альбита развития новообразований не отмечается [21].

Обломки пород. В песках пробы 1Т, обломки пород различного состава присутствуют в повышенном количестве – 14,3%. Обломки представлены кремнистыми породами (Рисунок 21, 22), нередко, пропитанными гидроксидами железа (Рисунок 23), обогащенными пиритом (Рисунок 24), хлоритом (Рисунок 25). На поверхности обломков пород иногда отмечаются гнезда землистого агрегата лейкоксена, кристаллический агрегат пирита. В составе песков пробы 1Т отмечаются довольно многочисленные обломки метаморфизованных пород кварц-мусковитового, кварц-хлоритового, мусковит-хлоритового состава (Рисунок 26).

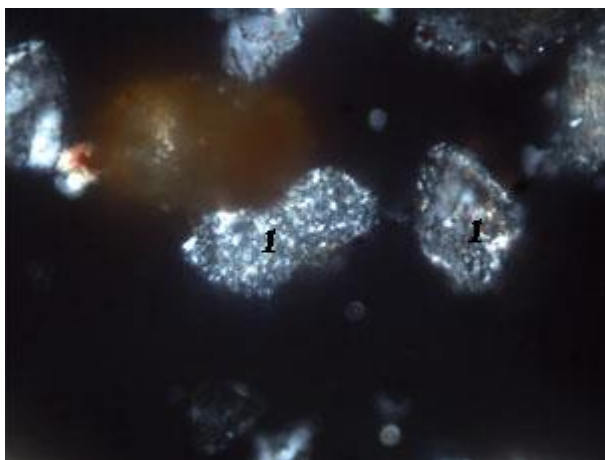


Рисунок 21. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Кремнистая порода (1)
Николи ×. Увеличение 630*

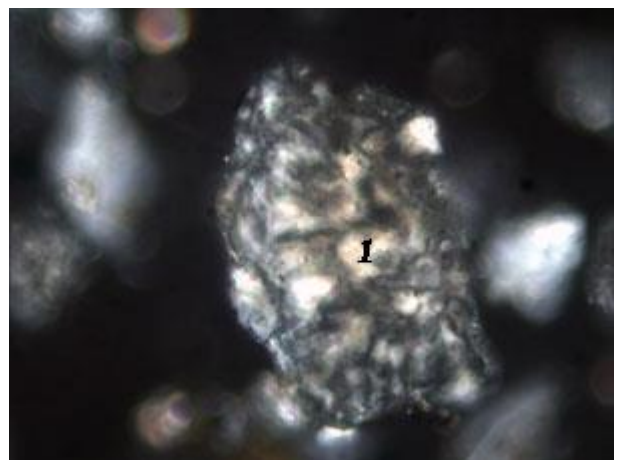


Рисунок 22. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05. Халцедоновидная кремнистая порода (1)

Николи ×. Увеличение 630*

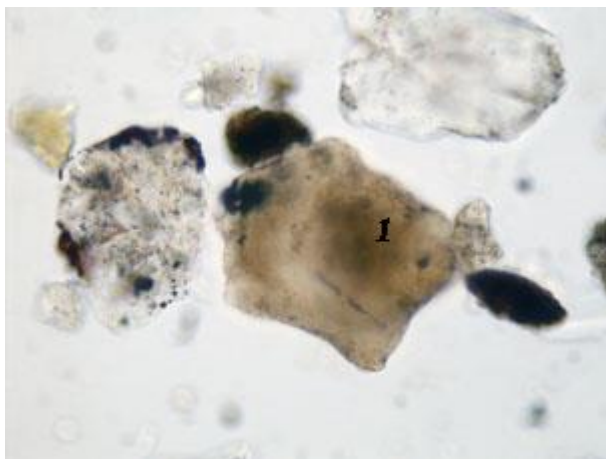


Рисунок 23. Проба 3Т, фракция 0,1–0,05.
Кремнистая порода, насыщенная
гидроксидами железа (1)
Николи ||. Увеличение 400*

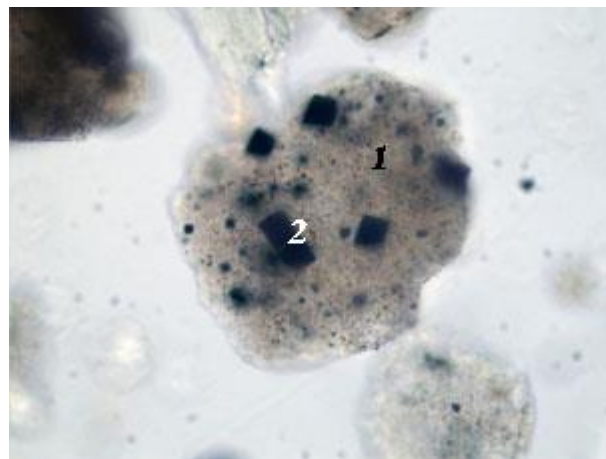


Рисунок 24. Проба 3Т, фракция 0,1–0,05.
Кремнистая порода (1), с вкрапленностью
пирита (2)
Николи ||. Увеличение 630*

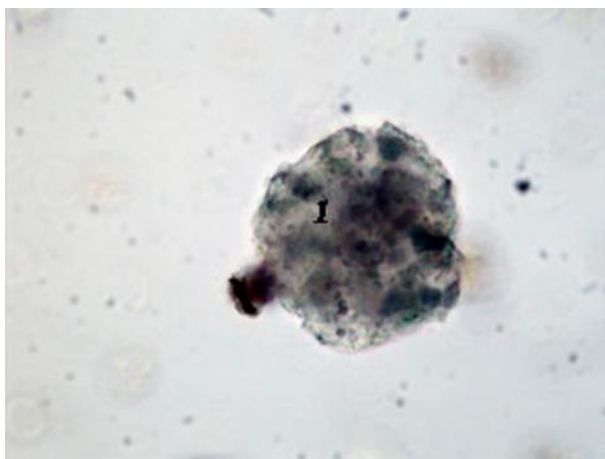


Рисунок 25. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05
Кварц-хлоритовая порода (1)
Николи ||. Увеличение 630*

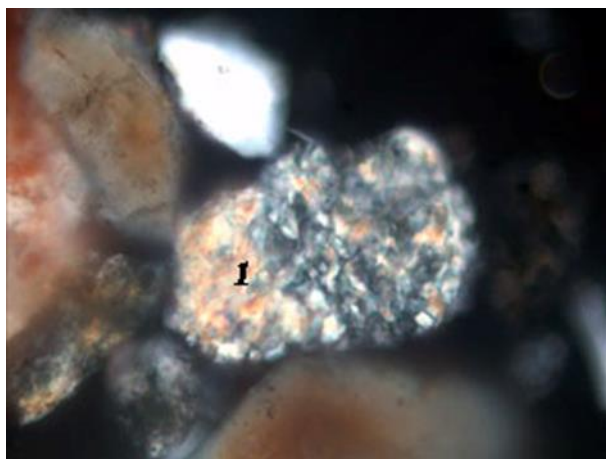


Рисунок 26. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.
Кварц-мусковитовая порода (1)
Николи ||. Увеличение 630*

Слюдистые минералы. Слюдистые минералы в составе песчаного класса песков пробы 1Т представлены мусковитом, гидробиотитом, биотитом, в ничтожном количестве. Очень редко встречается хлорит (Рисунок 27). Алевритовый и глинистый классы песков содержат 2–3% мусковита. В мусковитах можно отметить включения пирита (Рисунок 29, 30). Здесь пирит представлен несколькими генерациями. Помимо мусковита, в алевритово-глинистой классе песков присутствует гидробиотит. По гидробиотиту отмечается развитие игольчатого рутила (Рисунок 28).

После опытов, в крупных классах песчаного класса отсутствуют хлориты, слюдистые (мусковит, биотит) и слюдоподобные глинистые минералы (гидробиотит). Вышеуказанные минералы присутствуют в малом количестве в тонкозернистых песках и алеврито-глинистых фракциях песчаного класса. Они были диагностированы с помощью поляризующего микроскопа из

иммерсионных препаратов, которые были приготовлены из тонкозернистого класса песков.

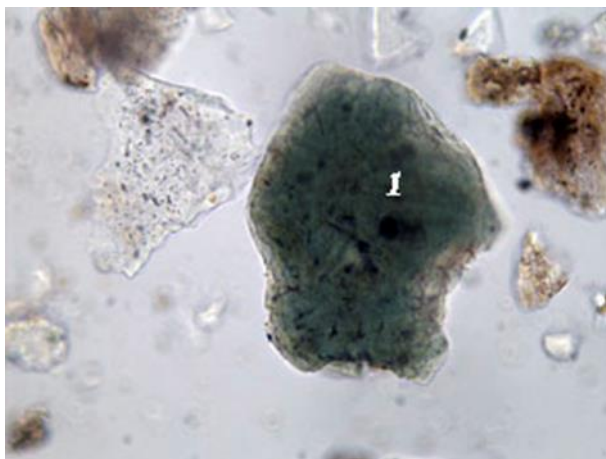


Рисунок 27. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05
Хлорит (1). Николи ||.
Увеличение 400*

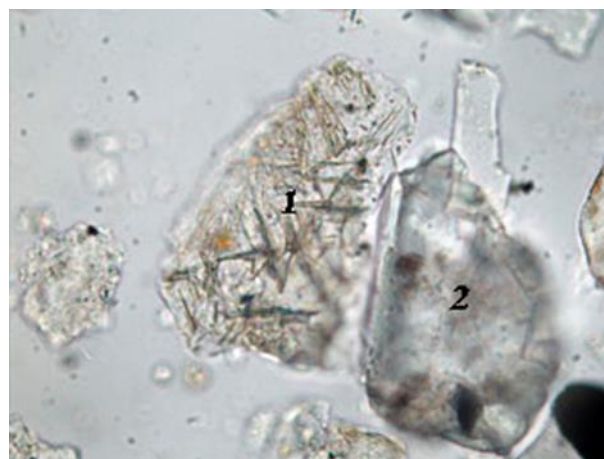


Рисунок 28. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.
Слюдистый минерал с рутилом (1)
Николи ||. Увеличение 630*

Отсутствие хлоритов, слюдистых и слюдоподобных глинистых минералов можно предположить следующим образом:

1) Слюдистые минералы. К ним относятся мусковит и биотит. Как известно мусковит не взаимодействует и не разлагается в кислотах (Рисунок 31, 32). Отсутствие в крупных классах связано гидратацией или частичным замещением каолинитом. При гидратации мусковит переходит в гидрослюда. Отсутствие биотита также объясняется гидратацией. При гидратации биотитов, когда щелочи совсем или почти совсем вынесены, а магний мало затронут процессами выщелачивания, возникают вермикулиты. При интенсивном выщелачивании гидробиотиты и вермикулиты переходят в гидрослюды, не имеющие специального наименования [16].

А.И.Рагим-Заде, Л.А.Матвеевой с соавторами выявлена растворимость биотита в воде. По их данным, за сутки из биотита в раствор более интенсивно переходят щелочи, менее – щелочноземельные катионы, незначительно - SiO_2 , в то время как Fe и Al остаются практически нерастворимыми. Этот процесс растворения связан как с разной миграционной способностью элементов, так и с разными силами, удерживающими эти элементы в кристаллической решетке [17].

2) Слюдоподобные глинистые минералы. Согласно рентгеновским исследованиям Грунера, гидробиотит – минерал, состоящий из переслаивающихся слоев биотита и вермикулита. Содержание K_2O , MgO , FeO , Al_2O_3 и SiO_2 в них меньше и H_2O больше, чем в биотитах. Отношение $\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$ увеличивается по сравнению с биотитами. При выщелачивании сернистой кислотой гидробиотиты разлагаются с образованием силикатного (SiO_2) скелета. Вот таким вот образом можно предположить отсутствие слюдоподобных глинистых минералов в крупных классах и увеличение процентного содержания сухого остатка.

3) Хлориты. К группе хлоритов относится большое количество минералов, которые по целому ряду свойств близки к слюдам. Хлориты большей частью разлагаются в серной кислоте (H_2SO_4). Хлориты, такие как пеннин и клинохлор, растворяются в серной кислоте (H_2SO_4), а некоторые разновидности хлорита растворяются с выделением студенистого кремнезема (SiO_2).

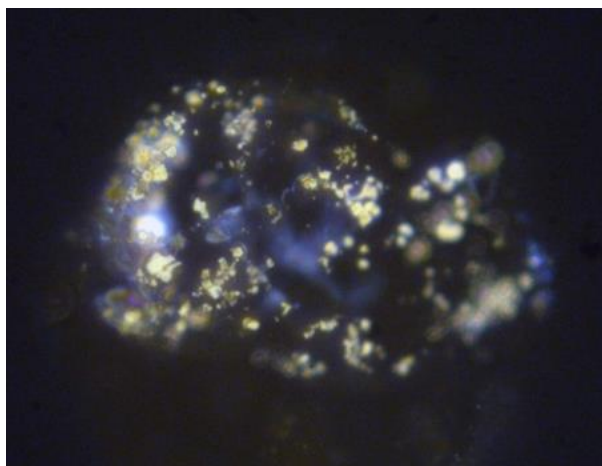


Рисунок 29. Проба 1-1Т, фракция 0,1–0,05

Мусковит включениями пирита.

В отраженном свете. Увеличение 630*

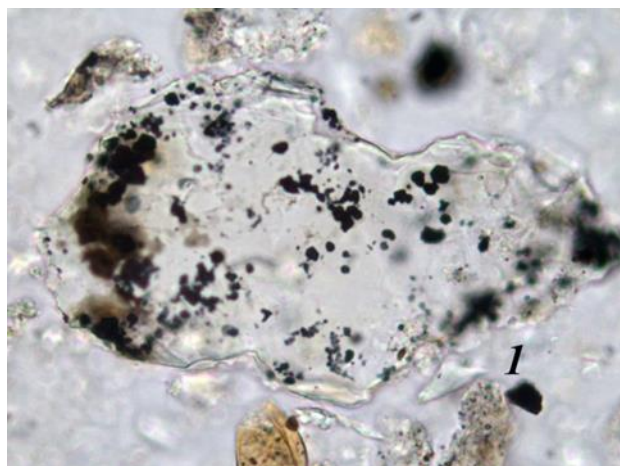


Рисунок 30. Проба 1-1Т, фракция 0,1–0,05

Мусковит включениями пирита (1)

Николи | |. Увеличение 630*

Карбонатные минералы. Содержание CO_2 в песках пробы 1Т составляет 0,54% (Отчет о лабораторных исследованиях технологических параметров руды). Содержание карбонатов в песчаном классе составляет 1,2%. Крупно, среднезернистые фракции песка содержат агрегатные стяжения обломочных зерен на карбонатном цементе. По результатам полуколичественного РФА, фракция тонкозернистого песка содержит более 2-3% карбонатов. В составе алевритового и глинистого классов песков содержится 4-5% карбонатов. Карбонаты представлены кальцитом, доломитом, анкеритом (Рисунок 31, 32, 33, 34).

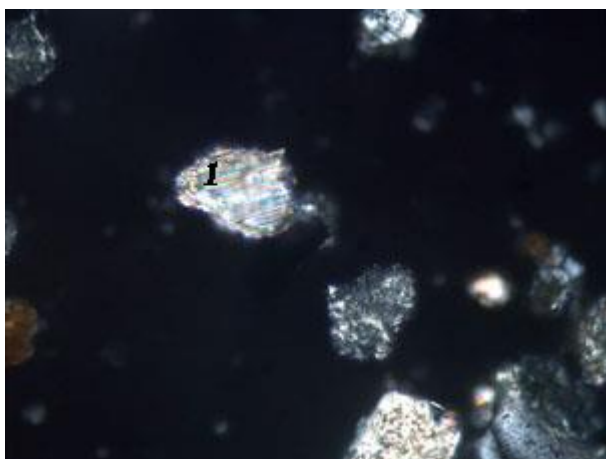


Рисунок 31. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Зерно кальцита со следами спайности (1)

Николи ×. Увеличение 400*



Рисунок 32. Проба 3Т, фракция 0,1–0,05.

Доломит – ромбоэдрический кристаллик (1)

Николи ×. Увеличение 400*

Кальцит встречается как в виде многочисленных мелких кристалликов и округленных зерен розоватого цвета, так и в виде кристаллического цемента (совместно с доломитом) в агрегатах обломочных зерен. Микроскопическим методом обнаружен доломит в виде мелких ромбоэдрических кристалликов. Для песков пробы 1Т характерно повышенное количество анкерита (железосодержащий карбонат). Анкерит присутствует в виде многочисленных отдельных зерен неправильной формы. На поверхности зерен отмечаются пленки и гнезда гидроксида железа красного цвета, образовавшегося в результате окисления железа в составе анкерита (Рисунок 33, 34).

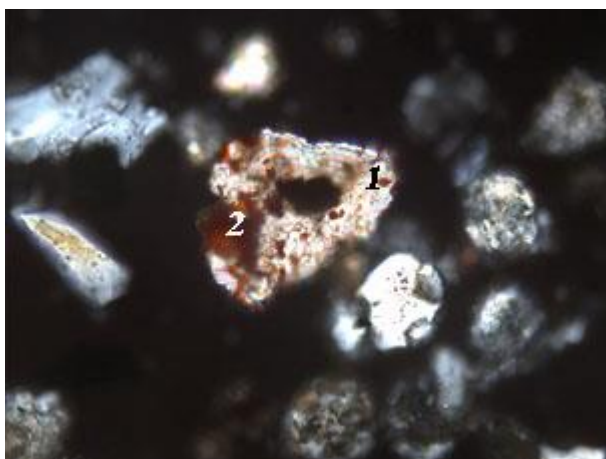


Рисунок 33. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Анкерит (1), гнезда гидроксида железа

на поверхности (2) Николи ||.

Увеличение 400*



Рисунок 34. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05. Анкерит с тонкими выделениями гидроксида железа (1) Николи ×.

Увеличение 400*

Значительную часть состава сухого остатка песков пробы (водорастворимый и дисперсно-коллоидный классы) составляет дисперсный кальцит, образующий дисперсно-коллоидную взвесь [8].

Сульфиды железа. Содержание двухвалентного (закисного) железа в песках пробы 1Т составляет 1,16% (Отчет о лабораторных исследованиях технологических параметров руды). Содержание сульфидов железа в песчаном классе составляет 1,3%. Фракция тонкозернистого песка (0,1–0,05) и алевритовый класс (<0,05) содержат 6–7% сульфидов железа, представленных пиритом, марказитом. Пирит образует многочисленные кристаллические агрегаты, кристаллические агрегаты с кварцем, глобулярные агрегаты, характерные для крупно, среднезернистых фракций песков (Рисунок 35, 36).

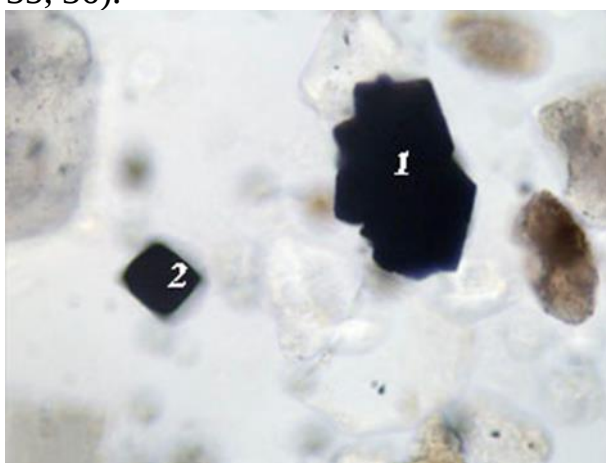


Рисунок 35. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05

Кристаллический агрегат пирита (1), кубический пирит (2). Николи ||. Увеличение 400*

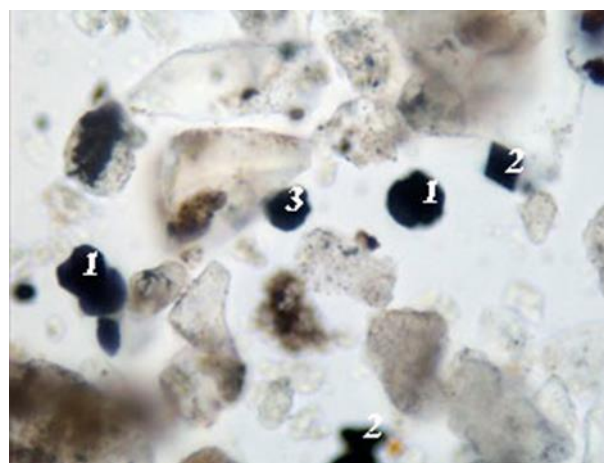


Рисунок 36. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Глобулярные агрегаты пирита (1), ромбоэдрический кристалл пирита (2). Николи ||. Увеличение 400*

Кристаллические агрегаты и монокристаллы имеют различные габитусы. К примеру: ромбоэдр, пентагон-додекаэдр, октаэдр, дипирамида или бипирамида, глобулярный, фрамбоидальный и кубический (Рисунок 41, 45). Разные формы габитусов пирита говорить о разных генерациях. Для каждой генерации соответствует своя форма кристалла. В измененных кристаллических формах пирита могут содержаться элементы примеси, такие как Co, Ni, Cu, Mn, As, Sb, Au и Ag. Они могут встречаться как тонкие включения халькопирита (Cu), Co и Ni в качестве компонентов, изоморфно замещающих Fe, Au и Ag в виде мелких замкнутых включений или более поздних внедрений и примазок, так и в виде субмикроскопических механических примесей (Рисунок 39) [14].

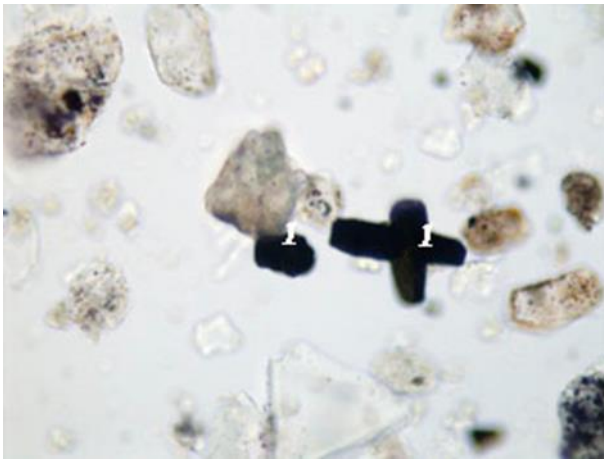


Рисунок 37. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.
Сросток копьевидных кристаллов
марказита (1). Николи | |. Увеличение 400*



Рисунок 38. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.
Сросток копьевидных кристаллов
марказита (1). Николи | |. Увеличение 400*

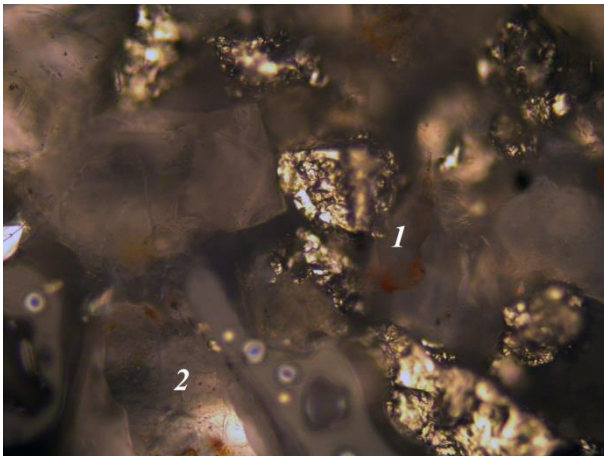


Рисунок 39. Проба 3-1Т, фракция 1–0,5.
Пирит (1). В отраженном свете.
Увеличение 400*

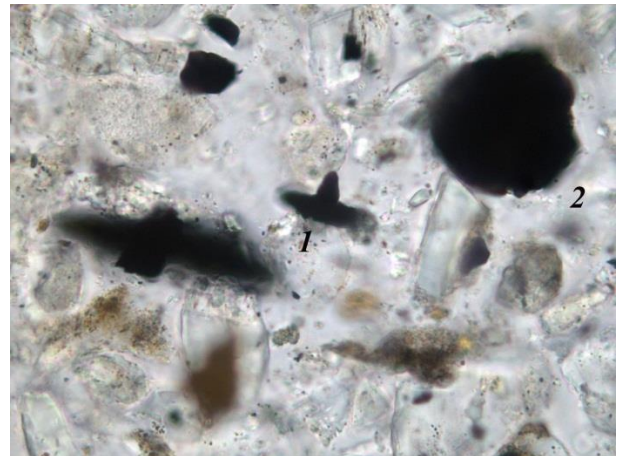


Рисунок 40. Проба 2-1Т, фракция 0,1–0,05.
Сросток копьевидных кристаллов
марказита (1) и глобулярный пирит (2).
Николи | |. Увеличение 630*

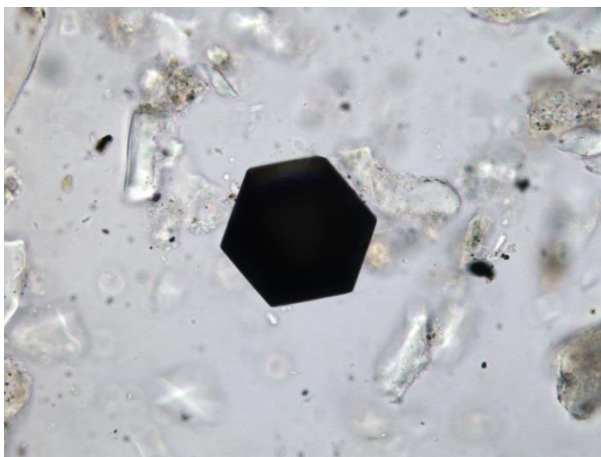


Рисунок 41. Проба 2-1Т, фракция 0,1–0,05.
Ромбоэдрический пирит. Николи | |.
Увеличение 630*

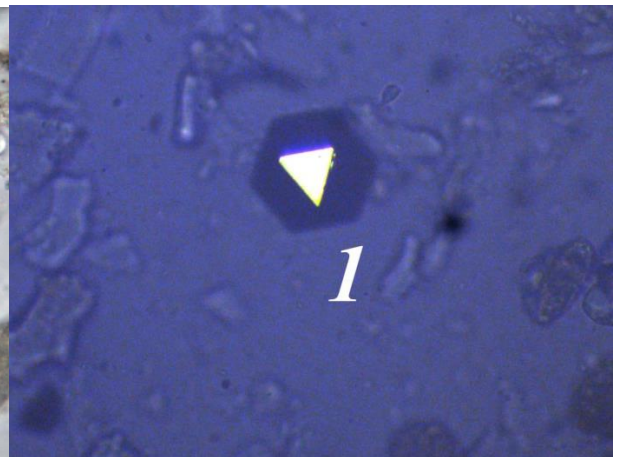


Рисунок 42. Проба 2-1Т, фракция 0,1–0,05.
Ромбоэдрический пирит. В отраженном
свете. Увеличение 200*

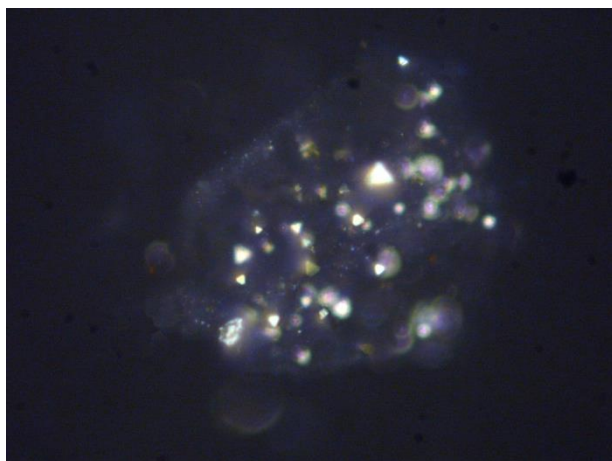


Рисунок 43. Проба 3-1Т, фракция 0,1–0,05.
Включение пирита в мусковите. В
отраженном свете. Увеличение 630*

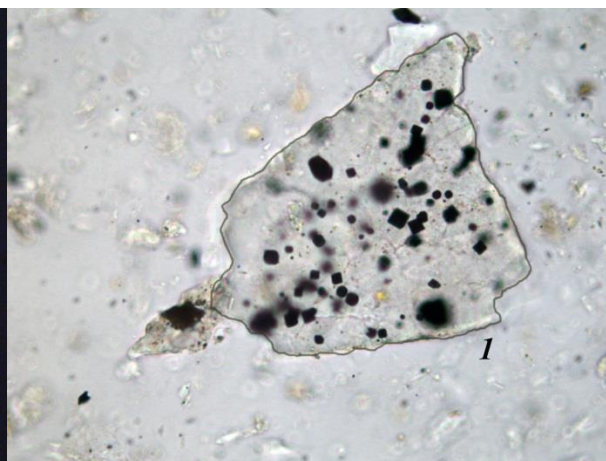


Рисунок 44. Проба 3-1Т, фракция 0,1–0,05.
Включение пирита в мусковите. Николи ||.
Увеличение 630*

В составе алевритового класса присутствуют фрамбоидальный и кристаллический пириты. Как указано выше, пирит образует многочисленные кристаллические агрегаты. Его можно встретить как в виде агрегата, так и отдельного монокристалла. Помимо собственных минеральных форм, пирит встречается в виде включений в слюдах, а именно в мусковите (Рисунок 43, 44). А также его можно встретить в виде пиритизированной органики. Из этого можно сделать вывод, что пирит образовал псевдоморфозу по органическим остаткам.

После проведенных опытов в пробах 1-1Т, 2-1Т, 3-1Т, 4-1Т особых изменений со сторон сульфидов особо не замечается. Сульфиды железа после выщелачивания с сернистой кислотой обрели собственные, присущие им цвета. Иначе говоря, после технологического опыта сульфиды железа избавились от механических примесей, то есть избавились от разных гидратных форм окислов железа. В пробах, изученных до и после опыта, отмечаются отдельные редкие сростки копьевидных кристаллов марказита (Рисунок 37, 38, 40).

Гидроксиды железа и алюминия. Содержание трехвалентного (окисного) железа в песках пробы 1Т составляет 0,36% (Отчет о лабораторных исследованиях технологических параметров руды). Гидроксиды железа образуют кристаллические и коллоидные формы. В составе песчаного класса нередко отмечается красновато-бурый землистый агрегат гидроксида железа в виде гнезд, налетов и пленок на поверхности обломочных зерен кварца, пород (Рисунок 44, 45), анкерита (Рисунок 33, 34, 46).

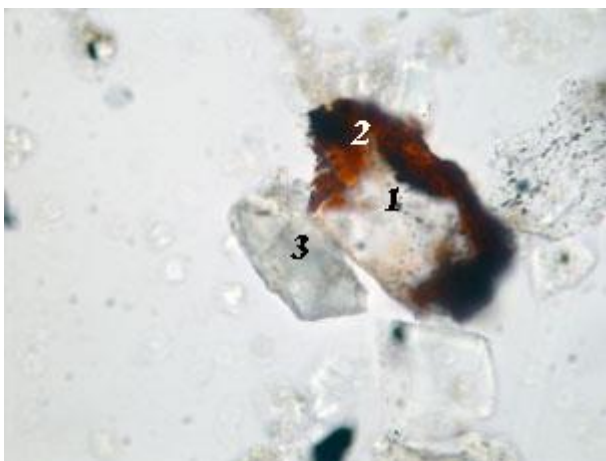


Рисунок 45. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05

Кварц (1) с прозрачным агрегатом гидроксида железа (2), карбонат (3)

Николи ||. Увеличение 400*

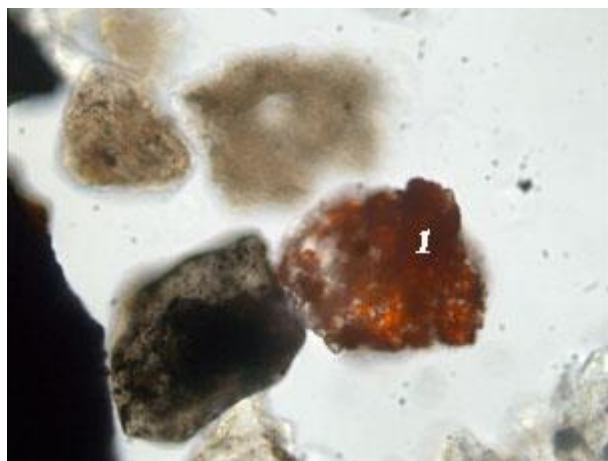


Рисунок 46. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.

Прозрачный агрегат гидроксида железа на поверхности анкерита (1).

Николи ||. Увеличение 400*

Коллоидные гидроксиды железа и алюминия в составе алевритовых, глинистых, дисперсно-коллоидных классов песков пробы 1Т обнаружены по результатам микрохимии. В составе дисперсно-коллоидной взвеси песков пробы 1Т присутствуют гидроксиды железа и алюминия в коллоидном состоянии. Наряду с дисперсным кальцитом, коллоидные гидроксиды удерживают дисперсные минеральные частицы в состоянии взвеси [13].

Оксиды титана. Содержание титана в составе песков пробы 1Т составляет 0,15% (Отчет о лабораторных исследованиях технологических параметров руды). Оксид титана в виде бесструктурных землистых агрегатов (лейкоксена) образует, как отдельные агрегатные скопления, так и гнезда, и налеты на поверхности обломочных зерен кварца, пород (Рисунок 47, 48).

Как известно, все титаносодержащие минералы устойчивые к воздействию разных кислот. Поэтому в песках проб 1-1Т, 2-1Т, 3-1Т, 4-1Т можно отметить присутствие оксидов титана.

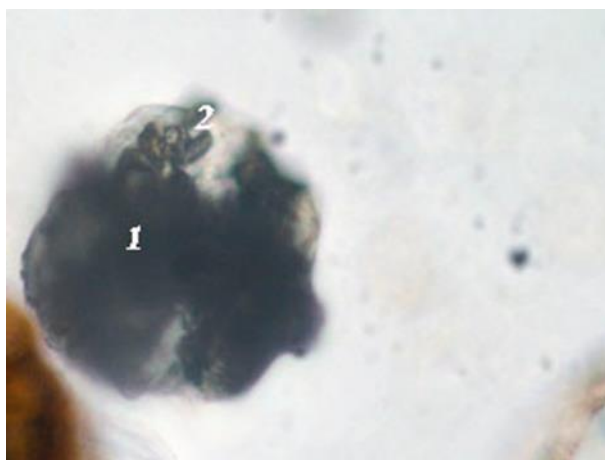


Рисунок 47. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05
Лейкоксен (1) с кристалликами рутила (2)
Николи ||. Увеличение 630*

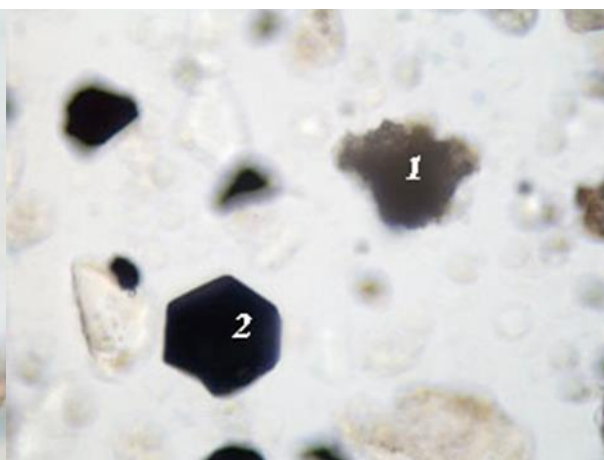


Рисунок 48. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05.
Лейкоксен (1), пирит (2)
Николи ||. Увеличение 400*

Углефицированное органическое вещество. Содержание $S_{\text{органическое}}$ в песках пробы 1Т составляет 0,36%. Углефицированное органическое вещество присутствует в песчаном классе в количестве 2,1%. Углефицированная органика образует черные удлиненно-призматические зерна и сажистые зерна неправильной формы. Помимо зерен углефицированной органики, в песках отмечаются агрегатные обособления и отдельные выделения гелифицированной органики (Рисунок 49, 50, 51, 52).

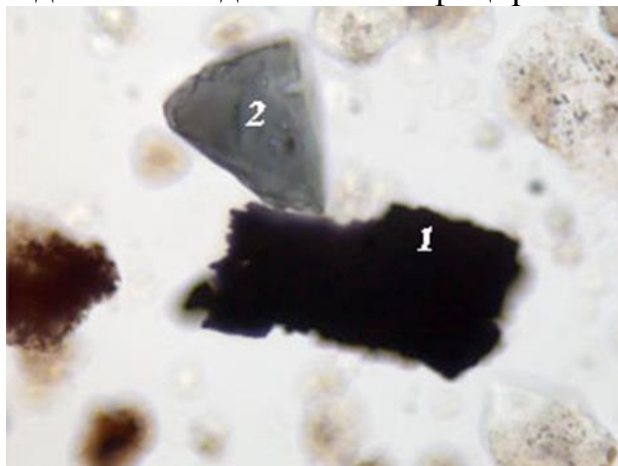


Рисунок 49. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05. Удлиненное выделение углефицированной органики (1), турмалин (2). Николи ||. Увеличение 400*

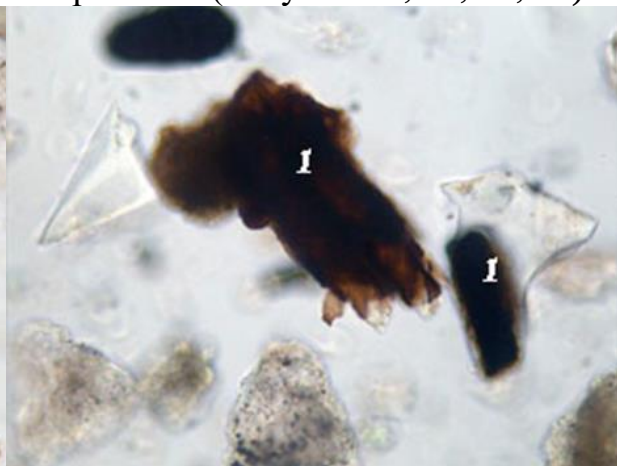


Рисунок 50. Проба 1Т, фракция 0,1–0,05. Выделения гелифицированной органики (1) Николи ||. Увеличение 400*



Рисунок 51. Проба 1-1Т, фракция 0,1–0,05. Гелифицированная органика (1). Николи |. Увеличение 630*

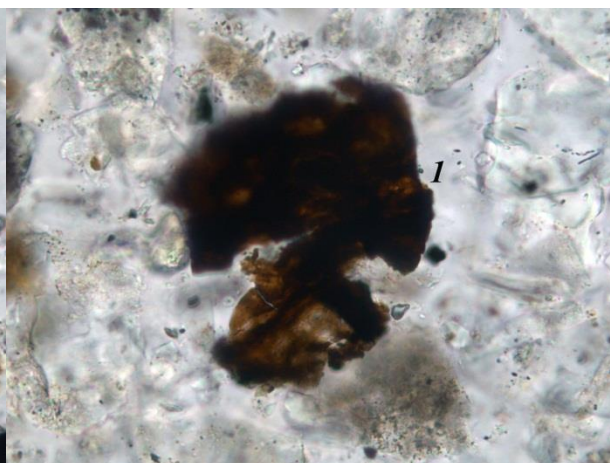


Рисунок 52. Проба 2-1Т, фракция 0,1–0,05. Гелифицированная органика (1). Николи |. Увеличение 630*

Сульфаты. В песках проб 1-1Т, 2-1Т, 3-1Т, 4-1Т, после кислотного выщелачивания, отмечаются образование водных и безводных сульфатов кальция, натрия и железа. Они были диагностированы методом РФА, и представлены следующими минеральными формами: Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Глауберит ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{CaSO}_4$), Мелантерит ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Квасцы натровые ($\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), Буркеит ($2\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{NaCO}_3$). По данным РФА, в составе водорастворимого и дисперсно-коллоидного класса песков некоторые из них отмечаются в виде следов.

Водный сульфат кальция – гипс диагностирован в алеврито -глинистом, водорастворимом и дисперсно-коллоидном классе песков. По данным РФА процентное содержание соответствует следующим данным: в алевритовом классе песков – 1%, в глинистом классе песков от 24 до 42 %, в водорастворимом и дисперсно-коллоидном класса песков отмечается значительное количество. В зависимости от пробы, в глинистом классе песков содержание гипса разные. Это связано завершенностью выщелачивания. Там, где опыт проводился до ~50%, содержание гипса выше, чем где опыт довели до конца [14].

Акцессорные минералы. Количество акцессорных минералов в составе песков пробы 1Т довольно велико. Основная масса акцессорных минералов сконцентрирована во фракции мелкозернистого песка (0,25-0,1). Акцессорные минералы в песках пробы 1Т представлены апатитом, цирконом (Рисунок 53), турмалином (Рисунок 54), эпидотом (Рисунок 55), дистеном, гранатом, рутилом, сфеном, монацитом (Рисунок 56).

В технологических пробах (1-1Т, 2-1Т, 3-1Т, 4-1Т) также присутствуют вышеуказанные минералы. После проведенных опытов с серной кислотой, акцессорные минералы выявлены во фракциях мелко- и тонкозернистого песка.



Рисунок 53. Проба 1Т, фракция 0,25–0,1. Циркон (1). Николи +. Увеличение 400*



Рисунок 54. Проба 1Т, фракция 0,25–0,1. Призматичный турмалин (1). Николи ||. Увеличение 400*

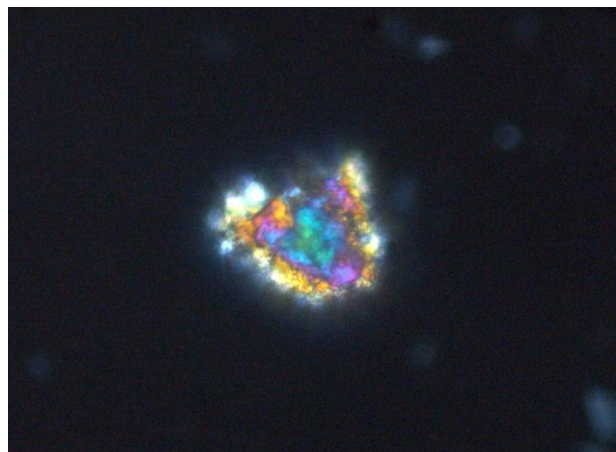


Рисунок 55. Проба 4-1Т, фракция 0,1–0,05. Эпидот (1). Николи +. Увеличение 630*

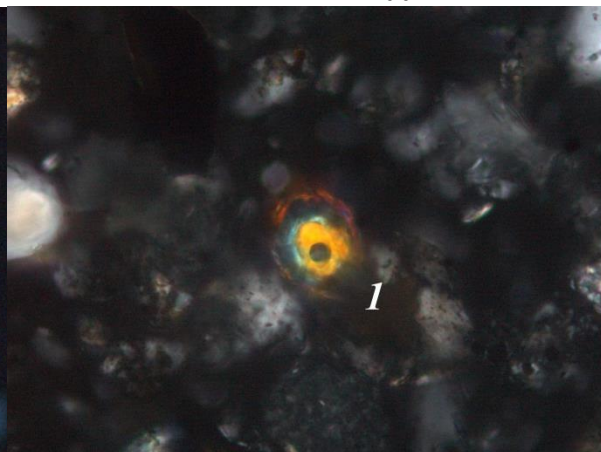


Рисунок 56. Проба 2-1Т, фракция 0,1–0,05. Монацит (1). Николи +. Увеличение 630*

Глинистые минералы. Основные характеристики глинистых минералов – качественный состав, структурное состояние, количественные соотношения изучались методом РФА, на материале алевритового, глинистого и дисперсно-коллоидного классов песков пробы. Глинистые минералы песков исходной пробы 1Т и проб, полученных после опытного выщелачивания урана, 1-1Т, 2-1Т, 3-1Т, 4-1Т представлены каолинитом и монтмориillonитом в разных количественных соотношениях. Методом полуколичественного РФА рассчитаны содержания каолинита и монтмориillonита в составе тонких классов песков. По характеру основных рефлексов на дифрактограммах выявлено структурное состояние каолинита и монтмориillonита. По дифрактограммам, ориентированных препаратов определена величина межплоскостного расстояния рефлекса [001] монтмориillonита (характеризует вид межслоевого катиона), и величина межплоскостного расстояния рефлекса [06] (определяет тип структуры монтмориillonита - диоктаэдрический или триоктаэдрический [10]. При диоктаэдрическом типе структуры кристаллическая решетка содержит катионы трехвалентных металлов Al^{3+} , Fe^{3+} . Кристаллическая решетка триоктаэдрического типа содержит катионы двухвалентных металлов Fe^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} ...

Алевритовый класс песков пробы 1Т содержит 31% глинистых минералов, глинистый класс содержит 37% глинистых минералов, в составе дисперсно-коллоидного класса присутствует 26% глинистых минералов. В содержаниях глинистых минералов и количественных соотношениях каолинита и монтмориillonита отмечается повышенное количество каолинита, чем монтмориillonита. В составе глинистых минералов дисперсно – коллоидной взвеси отмечается значительное преобладание монтмориillonита над каолинитом.

Каолинит в составе песков пробы 1Т находится в дисперсном и чрезвычайно дисперсном (пелитоморфном) состоянии (низкие уширенные рефлексы). По данным микроскопического анализа, каолинит в составе фракции тонкозернистого песка проб 1-1Т, 4-1Т представлен в виде кристаллических агрегатов веерообразной формы, хотя встречается крайне редко (Рисунок 57, 58).

Монтмориillonит в составе алевритового, глинистого и дисперсно-коллоидного классов песков пробы 1Т дисперсный (уширенные, низкие рефлексы), с диоктаэдрическим типом структуры ($d_{06} < 1,50 \text{ \AA}$, октаэдрические катионы представлены трехвалентными металлами – железом, алюминием). Монтмориillonит в составе дисперсно-коллоидной взвеси и в глинистом классе песков находится в более дисперсном состоянии ($d_{001} = 13,69\text{--}13,94 \text{ \AA}$) – межслоевые катионы кальция и магния замещаются натрием. Основные структурные изменения монтмориillonита, вызванные сернокислотным воздействием, отмечается в уменьшении величины межплоскостного расстояния d_{001} монтмориillonита от $14,35 \text{ \AA}$ до $13,48\text{--}13,82 \text{ \AA}$. Уменьшение межплоскостного расстояния монтмориillonита обусловлено происходящим катионным обменом межслоевых катионов кальция и магния на натрий из

порового раствора. Межслоевой катион натрия вызывает диспергацию монтмориллонита, до перехода его в коллоидное состояние.

Таким образом, изменения вещественного состава исходных песков в результате воздействия выщелачивающего раствора, происходят в составе и количестве глинистых минералов, в основном монтмориллонита. На степень и характер изменений глинистых минералов влияет время воздействия взаимодействия выщелачивающего раствора. Добавление окислителя (3-1Т, 4-1Т) уменьшает время взаимодействия рудных песков с выщелачивающим раствором [14].

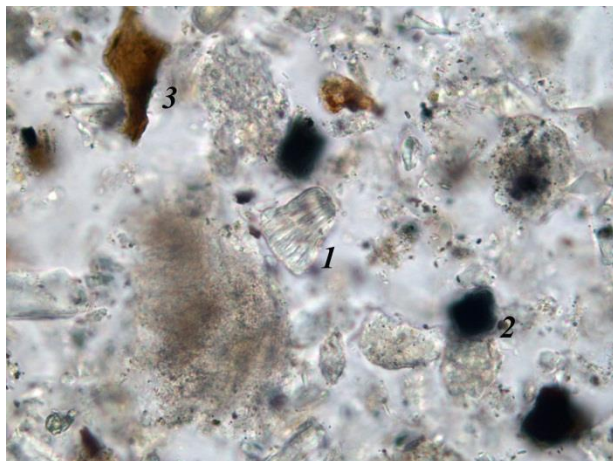


Рисунок 57. Проба 1-1Т, фракция 0,1–0,05. Каолинит (1), пирит (2) и гидроокислы Fe (3). Николи ||. Увеличение 630*

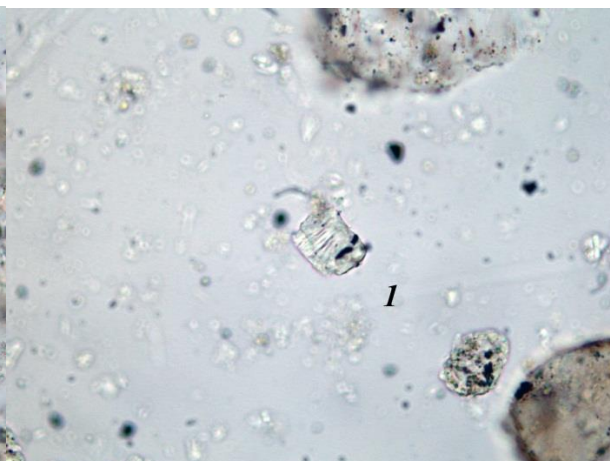


Рисунок 58. Проба 4-1Т, фракция 0,1–0,05. Каолинит (1). Николи ||. Увеличение 630*

6.7 Выводы по минералогическому и рентгенофазовому анализу рудной пробы

Урановорудные пески сборной пробы 1Т представлены разномерными песками, с содержанием гравия 7,8%. Содержание алеврито-глинистого класса в песках пробы составляет 18,9 %. В песках присутствует не оседающая дисперсно-коллоидная взвесь.

Дисперсно-коллоидная взвесь состоит из дисперсных минералов – слюдяных, глинистых, кальцита, кварца, полевых шпатов, а также коллоидных гидроксидов железа и алюминия. После проведения опытного сернокислотного выщелачивания урана, в грансоставе рудных происходят некоторые изменения касательно содержания классов, а именно алевритоглинистый и водорастворимый и дисперсно-коллоидный классы. Особенно можно отметить значительные изменения глинистых, водорастворимых и дисперсно-коллоидных классов.

По минеральному составу пески пробы 1Т являются полевошпат-кварцевыми с повышенным содержанием обломков пород, преимущественно кремнистых, отмечаются метаморфизованные породы. Содержание обломков пород в составе песков пробы 1Т составляет 14,3%.

Пески содержат очень незначительное количество слюдяных минералов (мусковит, гидробиотит), хлорита, преимущественно в составе алеврито-

глинистого класса (2-3%). В составе песков отмечается около 1% агрегатных стяжений глинисто-карбонатного, кварц-карбонатного состава. Нередко в составе агрегатных стяжений присутствуют гидроксиды железа.

Карбонаты представлены кальцитом, доломитом, анкеритом в количестве более 1% в песчаном классе, 4-5 % в алевритовом и глинистом классах. Кальцит, в количестве 43%, присутствует в составе дисперсно-коллоидной взвеси песков. Карбонаты активно взаимодействуют с выщелачивающим раствором, вызывая газовую кольтматацию. Причем скорость и интенсивность взаимодействия различных карбонатов разная. Кальцит реагирует бурно и мгновенно, доломит и анкерит взаимодействуют с кислотой медленно и продолжительно.

Сульфиды железа представлены пиритом и марказитом в количестве 1,3% в составе песчаного класса песков. Гидроксиды железа представлены охристым гетитом. В составе алевритового, глинистого, дисперсно-коллоидного классов присутствуют коллоидные формы гидроксида железа и гидроксида алюминия (по данным микрохимии)[21].

В составе песков пробы 1Т отмечается значительное содержание (2,1%) органического вещества - гелифицированного и углефицированного, как в виде отдельных зерен, так и в дисперсном состоянии в составе агрегатных стяжений. В результате воздействия выщелачивающего раствора углефицированная органика окисляется.

Глинистые минералы составляют 31-37% в составе алевритового, глинистого и дисперсно-коллоидного классов песков пробы. Количество монтмориллонита меньше чем количество каолинита. Лишь в составе дисперсно-коллоидной взвеси значительно преобладает монтмориллонит. Монтмориллонит является минералом, активно взаимодействующим с выщелачивающим раствором серной кислоты. В результате проведения опытного выщелачивания, отмечается, что с увеличением времени воздействия выщелачивающего раствора, усиливается степень изменения глинистых минералов, уменьшается их содержание. Как отмечалось ранее, монтмориллонит является более подверженным воздействию выщелачивающего сернокислотного раствора. Чем больше время взаимодействия монтмориллонита с выщелачивающим раствором, тем в большей степени происходит диспергация и разрушение монтмориллонита, с выделением коллоидного кремнезема в поровое пространство, а также перераспределение и переотложение дисперсного каолинита.

Сухой остаток песков пробы 1Т содержит дисперсно-коллоидную и водорастворимую фракции. Дисперсно-коллоидная фракция состоит из дисперсных минеральных частиц, в том числе глинистых минералов (26%), кальцита (43%), и коллоидных гидроксидов железа, алюминия, кремнезема, оксида урана. В результате воздействия выщелачивающего раствора, кальцит, оксид урана и коллоидные гидроксиды металлов растворяются, дисперсные минеральные частицы осаждаются в твердой фазе, вызывая улучшение фильтрационных свойств песков.

Содержание урана в песках пробы 1Т составляет 0,0767%. Урановая минерализация представлена оксидами урана разной степени структурного совершенства. Алевритовый класс песков содержит структурно совершенный оксид урана с $a=5,40\text{\AA}$. Глинистый класс содержит дисперсный оксид урана. Возможно, присутствует некоторое количество коллоидного оксида урана. Характерно довольно неравномерное распределение урана в составе песков. Около 30% урана накапливает песчаный класс (фракции мелко, и тонкозернистого песка). 70% всего урана локализовано в составе порового заполнителя – алевритового, глинистого и дисперсно-коллоидного классов [19].

Содержание суммы РЗЭ в составе песков пробы 1Т составляет 0,0070%. Повышенные содержания (0,0011 – 0,0025%) имеют элементы - церий, лантан, неодим, в составе редкоземельного минерала - монацита.

Исходя из лабораторных исследований, по гранулометрическому и минеральному составу из рудных песков пробы 1Т можно выщелочить уран кислотным способом. Мешающие условия: содержание алеврито -глинистого класса (18,9%) и карбонатных минералов (1,2%). За счёт карбонатов происходят газовые кольятации, а из-за алеврито -глинистого класса, если быть точнее из-за глинистых минералов, содержащихся в этом классе, образуются студенистые кремнеземы и силикатные скелеты, которые заполняют поровые пространства, тем самым мешая выщелачиванию.

Песчаный класс пробы 1Т, составляющий 81% грансостава песков, содержит около 75 % нерастворимых и слабо взаимодействующих с кислотой минералов и минеральных агрегатов (кварц, полевые шпаты, мусковит, обломки пород, акцессории). Тогда как растворимые и активно взаимодействующие с кислотой минералы и минеральные агрегаты (кальцит, доломит, анкерит, биотит, гидробиотит, гидроксиды железа, углефицированная органика), составляют около 5%. Алевритовый и глинистый классы песков пробы 1Т, примерно на 60–70% состоят из нерастворимых минералов. Пески пробы содержат некоторое количество карбонатов (кальцит, доломит, анкерит) в составе всех гранулометрических классов.

Пески пробы 1Т содержат трехвалентное железо в количестве 0,90%. Поровая вода песков пробы 1Т содержит трехвалентное железо в количестве $<0,05\text{ мг/дм}^3$ (Приложение 17). Вероятно трехвалентное железо в составе песков 1Т, вполне достаточно для начала окисления урана и постепенного, устойчивого выщелачивания его из состава урановых минералов [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная работа по минералогическому изучению песчаных ураноносных горизонтов месторождения Семизбай соответствует поставленным задачам и целям, заданным в начале исследования. В результате были выявлены важные закономерности распределения урана в породах, проанализированы типоморфные признаки минералов, а также установлены основные геохимические и структурные особенности рудоносных горизонтов.

Научная ценность результатов заключается в уточнении пространственно-генетической модели формирования уранового оруденения, что позволяет более эффективно проводить геологоразведочные работы. Полученные данные о минералогических свойствах кварца, полевого шпата и других минералов вмещающих пород создают основу для дальнейших исследований и использования современных методов оценки месторождений.

Практическая значимость исследования выражена в возможности использования выявленных закономерностей распределения урана для оптимизации технологий подземного выщелачивания, что может повысить рентабельность добычи урана. Экономическая эффективность подтверждается потенциальным снижением затрат на разведку и повышение уровня извлечения полезного компонента. Социальная значимость работы связана с вкладом в развитие урановой промышленности Казахстана, что способствует укреплению энергетической безопасности страны.

Проведенные исследования подтвердили сложный, многостадийный характер формирования уранового оруденения месторождения Семизбай. Установлено, что минералогический состав руд представлен преимущественно коффинитом, настураном и другими ураносодержащими минералами, ассоциирующими с глинистыми породами и органическими остатками.

Типоморфные свойства кварца и полевых шпатов, такие как дымчатая окраска и степень прозрачности, выявляют связь с ураноносностью пород, что позволяет использовать эти признаки как индикаторы рудности.

Результаты гранулометрического и минералого-петрографического анализа подтвердили неоднородность рудоносных горизонтов, что отражается в их пространственном распределении и формах залегания.

Установлена высокая эффективность использования современных методов радиологического и рентгенофазового анализа для изучения урановых месторождений. Это позволяет с высокой точностью определять содержание урана и его связь с другими компонентами руд.

Полученные данные имеют научную, практическую и познавательную ценность, обеспечивая возможность их дальнейшего применения в геологоразведке, обучении специалистов и совершенствовании технологий добычи урана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Геология Северного Казахстана. Монография. Алматы. 1987 г.
- 2 Ломтадзе В. Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л., Недра, 1978
- 3 Месторождения урана Казахстана. Справочник. Алматы. 1996 г.
- 4 Геологическое строение Казахстана / Бекжанов Г.Р., Кошкин В.Я., Никитченко И.И. и др. – Алматы: Академия минеральных ресурсов Республики Казахстан, 2000. – 396. с.
- 5 Копобаева А.Н., Аршамов Я.К., Портнов В.С. Қазақстан геологиясы және минералдық ресурстары. Қарағанды: ҚарТУ баспасы. 2021. – 92 б.
- 6 Халезов А.Б. Методические рекомендации, прогнозирование, поиски и оценка урановых месторождений в палеорудных/М.: ВИМС, 2000.
- 7 Кондратьева И.А., Боброва Л.Л. "Геологическое строение и особенности рудогенеза месторождения Семизбай". "Минеральное сырье". Серия методическая, № 11. М.: ВИМС, 2011
- 8 Некрасова З.А., Волков Н.И. Особенности минерального состава руд месторождения Семизбай. Специальные вопросы атомной науки и техники. Серия "Геология и горное дело". ПромНиипроект. 1981.
- 9 Малышев В.И., Соколова З.А., Бахур А.Е. И др. "Новый глубинный метод поисков месторождений". Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. Информационный сборник КНТС № 94. М. ВИМС. 1985г.
- 10 Исследование процесса подземного и кучного выщелачивания урана и других компонентов из руд месторождений Северного Казахстана. Отчет о НИР, Москва, 1987 г.
- 11 Уран. Методы его определения. Под редакцией В.К.Маркова. 1960г.
- 12 О кристаллохимических и типоморфных особенностях оксидов урана пластово - инфильтрационных месторождений Казахстана. А. Д. Дара, Ю. В. Попов. Журнал Геология Казахстана. 1997 год
- 13 Анализ минерального сырья. Под редакцией Ю.Н. Книпович, Ю.В. Морачевский. 1956г.
- 14 Минералы осадочных горных пород. И.А. Преображенский, С.Г.Саркисян Гостоптехиздат. Москва 1954г.
- 15 Байбатша Ә. Б. (жетекші), Бекботаев А. Т., Жүнісов А. А., Қабиев Ф., Сеитов Н., Серікбаев М. Геологиялық қазақша-орысша және орысша-қазақша терминологиялық сөздік. – Алматы: «Ғылым» ғылыми баспа орталығы, 2004. – 450 б.
- 16 Каневский Е.А. Физико-химические основы выщелачивания урана из руд, диссертация на соискание ученой степени доктора химических наук. – М., 1964 г.
- 17 Зубкова Т.А. и др. «Катализаторы в почве» // ж. «Химия и жизнь», 2008 г., №6, сс. 26-29.
- 18 Рентгенографический определитель минералов урана. Г. А.

Сидоренко. Москва. Энергоиздат. 1981 год

19 Рентгенография основных типов породообразующих минералов. Под редакцией Р. А. Франк - Каменецкого, «Недра» 1983г.

20 Минералогия. Н. Костав «Мир» 1971г.

21 "Отчет о результатах геологоразведочных работ и подсчета запасов урановых руд месторождения Семизбай" (1979 г.)

22 В.Г.Балакирева, Е.Я.Киевченко, Л.В.Никольской «Минералогия и кристаллофизика ювелирных разновидностей кремнезема, М., Недра, 1979.

23 Ф.В.Чухров «Коллоиды в земной коре», М., 1955

24 В.С.Домарев "Геология урановых месторождений капиталистических стран" (1956)

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Әлібекқызы Аяулым

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Минералогическое изучение песчаных ураноносных горизонтов месторождения Семизбай для выявления характера распределения и формы нахождения урана

Научный руководитель:

Коэффициент Подобия 1: 7.8

Коэффициент Подобия 2: 3.2

Микропробелы: 11

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- ☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- ☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- ☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- ☐ Обоснование:

Дата



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Әлібекқызы Аяулым

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Магистерская диссертация

Название работы: Минералогическое изучение песчаных ураноносных горизонтов месторождения Семизбай для выявления характера распределения и формы нахождения урана

Научный руководитель:

Коэффициент Подобия 1: 7.8

Коэффициент Подобия 2: 3.2

Микропробелы: 11

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата

26.12.2024

проверяющий эксперт

Мухамеджанова Н.


**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на магистерскую диссертацию

Әлібекқызы Аяулым

(Ф.И.О. обучающегося)

Образовательная программа: «7M07206 – Геология и разведка месторождений
твердых полезных ископаемых»

Тема: **«Минералогическое изучение песчаных ураноносных горизонтов
месторождения Семизбай для выявления характера распределения и формы
нахождения урана»**

Магистерская диссертация Әлібекқызы Аяулым посвящена актуальной научно-технической задаче, связанной с изучением распределения и форм нахождения урана в песчаных горизонтах месторождения Семизбай. Работа выполнялась на базе анализа геолого-минералогических данных, результатов полевых исследований и современных методов минералогического анализа. На данной работе представлены все необходимые материалы, выводы раскрывающие тему и актуальность исследований в данной области.

Содержание работы состоит из семи основных глав. Во введении приведены актуальность темы исследования, поставлена цель работы, указаны объекты и предметы исследования, определены задачи.

После тщательного анализа имеющихся геологических материалов перед магистранткой была поставлена задача изучить минералогический состав песчаных ураноносных горизонтов месторождения Семизбай, выявить закономерности распределения и формы нахождения урана, а также определить генетические особенности месторождения. В процессе выполнения данной работы магистрант сумела показать свои отличные теоретические знания и практические навыки.

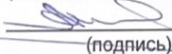
В процессе выполнения исследования магистрант проявила высокий уровень профессиональной подготовки, продемонстрировала умение работать с научной литературой, собирать и систематизировать данные, а также применять современные аналитические методы. Работа содержит детально проработанные разделы, включающие геологическое строение месторождения, характеристики минералогического состава руд и вмещающих пород, а также пространственное распределение урановых руд. Основные выводы и результаты магистерской диссертации имеют практическую значимость для оптимизации поисково-разведочных работ и технологий переработки урановых руд.

Әлібекқызы Аяулым справилась с поставленной задачей и диссертационная работа полностью завершена. Исходя из вышеизложенного, работа рекомендуется к защите перед аттестационной комиссией, а автор работы заслуживает присуждения академической степени магистра технических наук по образовательной программе «Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых».

Научный руководитель

Профессор КазНТУ, кандидат геол.-минерал. наук

(должность, уч. степень, звание)



Я.К. Аршамов

ф.и.о.

«10»

с/л

2025 года

РЕЦЕНЗИЯ

на Магистерскую диссертацию
Әлібекқызы Аяулым
по ОП 7М07206 – Геология и разведка месторождений твердых полезных
ископаемых

Тема диссертации: «Минералогическое изучение песчаных ураноносных горизонтов месторождения Семизбай для выявления характера распределения и формы нахождения урана».

Выполнено:

- а) графическая часть на 21 листах
б) пояснительная записка на 49 страницах

Диссертация посвящена актуальной теме, связанной с изучением песчаных горизонтов месторождения Семизбай. Работа направлена на выявление характера распределения и форм нахождения урана, что является актуальной задачей для оптимизации геологоразведочных и добычных процессов в Казахстане. Исследование проводилось на базе анализа геологических и минералогических данных, а также применения современных методов минералого-петрографического и радиологического анализа.

Работа демонстрирует высокий уровень научной значимости, так как результаты исследований могут быть использованы для повышения эффективности разведки и разработки месторождений урана в Казахстане.

Достоинства работы

1. Актуальность темы, учитывая стратегическую роль урановых месторождений для экономики Казахстана.
2. Обоснованное использование комплексного подхода, включающего минералогические и петрографические анализы.
3. Логичное структурирование текста и корректное оформление диссертационной работы.

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Работа в целом выполнена на высоком уровне, однако можно отметить следующие аспекты, которые могут быть улучшены:

1. В разделе, посвящённом генезису месторождения, следует расширить информацию и написать подробнее.
2. В заключении не хватает акцента на перспективах дальнейшего применения предложенных методов для изучения других месторождений.

Оценка работы

Магистерская диссертация является законченным, самостоятельным и качественно выполненным исследованием, имеющим как научную, так и практическую значимость. Автор демонстрирует глубокие знания и высокий уровень подготовки в области геологии урановых месторождений.

НЕКОММЕРЧЕСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТПАЕВА»

Результаты исследования заслуживают хорошей оценки, а сама работа соответствует требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям. Диссертационную работу оцениваю на 90 %, с рекомендацией к защите перед государственной аттестационной комиссией.

Рецензент

Заведующий лабораторией
Геологии мезозоя и кайнозоя,
Доктор геолого-минералогических наук,
ассоциированный профессор
институт Геологических наук имени К.И.Сатпаева

С.А. Нигматова

(подпись)

Нигматова С.А.

« 13 » сентября

2025 г.

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Әлібекқызы Аяулым

Магистранта, обучающегося по образовательной программе «Геология и разведка месторождений твердых полезных ископаемых» кафедры «Геологическая съемка, поиск и разведка месторождений полезных ископаемых» Института «Геологии и нефтегазового дела имени К.Турысова» Казахстанского Национального Исследовательского Университета им. К.И. Сатпаева

№ по п/п	Наименование	Форма работы	Выходные данные	Объем	Соавторы
1	Геолого-минералогические особенности месторождения урановых руд Семизбай	статья	Международной научно-практической конференции «INTERNATIONAL SATBAYEV CONFERENCE 2023 (Сатпаевские Чтения – 2023). НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ: ОТ ИДЕИ ДО ВНЕДРЕНИЯ 12 апреля 2023 г.	5 стр	Аршамов Я.К.

Заведующий кафедрой ГСПиРМПИ

Байсалова А.О.

Научный руководитель

Аршамов Я.К.

Магистрант

Әлібекқызы Аяулым