

Казахский Национальный исследовательский технический университет

УДК 553.3.072 (574.24)

На правах рукописи

ТОГИЗОВ КУАНЫШ СЕРИКХАНОВИЧ

Исследование рудоконтролирующих факторов Сырымбетского рудного поля в цифровом 3D формате и оценка его потенциальных ресурсов (с применением ГИС технологии и данных ДЗЗ)

6D070600 – Геология и разведка месторождений полезных ископаемых

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научные консультанты:
Ректор КазУТБ,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор, академик НАН РК
М.Ш. Омирсериков

Adam Mickiewicz University in Poznan
PhD, habil., Agata Duczmal-Czernikiewicz

Республика Казахстан
Алматы, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

	НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	3
	ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
	ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	5
	ВВЕДЕНИЕ	6
1	ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА	10
1.1	Геологическая изученность	10
1.2	Геофизическая изученность	15
2	ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЯ СЫРЫМБЕТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ	18
2.1	Краткая геологическая характеристика рудного района	18
2.2	Редкометалльно-редкоземельные месторождения и рудопроявления рудного поля	23
2.3	Геологические и минералогические характеристики месторождения Шок-Карагай	27
2.4	Геофизические характеристики рудного поля	31
3	МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ШОК-КАРАГАЙ	39
3.1	Методика исследования редкоземельной минерализации	39
3.2	Минеральный состав коренных пород на месторождении Шок- Карагай	42
3.3	Минеральный состав коры выветривания на месторождении Шок- Карагай	50
3.4	Форма нахождения РЗЭ на месторождении Шок-Карагай	54
4	ТРЕХМЕРНЫЕ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШОК- КАРАГАЙ	62
4.1	Геологическая модель рудного тела месторождения Шок-Карагай	62
4.2	Петрофизическая модель месторождения	80
5	ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШОК-КАРАГАЙ И ПРОГНОЗНО- ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ ЭКЗОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ	84
5.1	Анализ рудоконтролирующих факторов месторождений полезных ископаемых	84
5.2	Рудоконтролирующие факторы, перспективные рудные участки в районе месторождения Шок-Карагай и оценка их ресурсов	85
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	99

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:
Закон Республики Казахстан от 27 июля 2007 года «Об Образовании»;
Государственный общеобязательный стандарт образования Республики Казахстан. Послевузовское образование. Докторантура. Основные положения ГОСО РК 5.04.034 – 2011г.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Экзогенные месторождения – месторождение, образованные поверхностными процессами, т. е. при участии поверхностных или грунтовых вод, воздуха и организмов. По классификации В.И. Смирнова (1982), месторождения экзогенной серии включают следующие группы: выветривания, россыпную, осадочную, каждая из которых подразделяется на классы месторождений.

Моноцит $(\text{TR})\text{PO}_4$ – самый распространенный гипергенный редкоземельный минерал.

Рабдофанит $(\text{Ce}, \text{Y})\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – по составу является близким аналогом черчита, для него характерно повышенное содержание иттрия.

Паризит $\text{CaCe}_2(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$ – Триг. Игольчатые к-лы. Бурый, желтый. Бл. стеклянный. Черта белая. Гидротермальный. Ассоциируется с кальцитом. Неодимовый аналог паризита-(Ce) именуется паризит-(Nd).

Micromine – многофункциональная компьютерная горно-геологическая система, предназначенная для визуализации и интерпретации различных геологоразведочных данных в среде 3D, построения трехмерных блочных моделей, классификации и количественной оценки ресурсов и запасов, а также для проектирования горных работ.

Рудоконтролирующие факторы – факторы, контролирующие образование, распределение и сохранение месторождений во времени и пространстве. Первоначально Ю.А. Билибин (1944) ввел понятие «металлогенические факторы». Позднее Е.Т. Шаталов (1964) предложил называть металлогенические факторы, определяющие формирование и размещение оруденения в пределах рудных районов и локальных площадей, «рудоконтролирующими факторами». Среди рудоконтролирующих факторов различают: литологические, стратиграфические, структурные, геохимические, фациальные, формационные, глубинные, геодинамические, геоморфологические, гидротермально-метасоматические, гипергенные и др. Выявление рудоконтролирующих факторов является важной составляющей металлогенического анализа.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

РЗЭ -	редкоземельные элементы
РЗМ -	редкоземельные металлы
МПИ -	месторождения полезных ископаемых
ГИС -	геоинформационная система
БГД -	база геоданных (геологических, геофизических, геохимических и др.)
ДЗ -	дистанционное зондирование
КС -	космические снимки
КВ -	кора выветривания

ВВЕДЕНИЕ

Общая характеристика работы. В Казахстане в результате работ нескольких поколений исследователей геологического направления накоплено большое количество геологических, геофизических, геохимических и др. материалов различного содержания и масштаба. Рассредоточение информации по рудным объектам в разных фондовых и литературных источниках, и картах различного масштаба затрудняет составление целостного представления о рудоконтролирующих факторах, об их общих и частных характеристиках. Это в свою очередь осложняет установление эффективных прогнозно-поисковых критериев месторождений полезных ископаемых, и выделение структур и участков, благоприятных для поисков богатых по содержанию рудных объектов и тем самым затрудняет оценку их потенциальных ресурсов, в том числе Сырымбетского рудного поля, расположенного в северо-западной части Кокчетавского срединного массива. В Сырымбетском рудном поле сосредоточены месторождения и рудопроявления редких металлов и редкоземельных элементов [1-3].

Сегодня трудно назвать область техники, в которой бы не применялись редкие металлы и редкоземельные элементы. Они активно используются в атомной энергетике, радиоэлектронике, авиационной и ракетной технике, машино- и приборостроении. Основным потребителем РЗЭ является Япония, занимающая более 50% мирового рынка. В число крупных импортеров РЗЭ входят также США, Франция, Германия, Бельгия и Индия [4-15].

Актуальность работы. Прогнозирование и выделение перспективных на рудные полезные ископаемые площадей, участков в пределах и на флангах известных месторождений на сегодняшний день не теряет свою актуальность. В этой связи необходимость научного и системного подхода к анализу и обобщению накопленных материалов на базе современных информационных технологий очевидна. В современных условиях эту работу можно осуществить на базе ГИС-технологии, она является открытой системой, включает обработку и интерпретацию комплексных наземных и спутниковых геоданных.

Целью исследования является усовершенствование научно-методической основы выделений рудоконтролирующих факторов месторождений редкоземельной минерализации и построения их 3D модели путем создания цифровой информационной базы геоданных.

Объектом исследования является экзогенное редкоземельное месторождение Шок-Карагай Сырымбетского рудного поля (Северный Казахстан).

Предметом исследования являются гранитоиды, линейные коры выветривания с редкоземельной минерализацией для выделения рудоконтролирующих факторов.

Задачи исследования:

1. Изучить геологические и генетические особенности месторождений и рудопроявлений Сырымбетского рудного поля.

2. По керну буровых скважин на месторождении Шок-Карагай изучить минеральный состав коренных пород, коры выветривания, и вещественный состав руд, а также выделить главные минералы-носители редкоземельного оруденения.

3. По комплексным геологическим, геофизическим, минералогическим, космическим (ДЗЗ) данным на базе ГИС-технологии создать цифровую геоинформационную систему месторождения Шок-Карагай и построить его трехмерную геологическую и петрофизическую модели.

4. В формате 3D модели провести системный анализ основных рудоконтролирующих факторов и прогнозно-поисковых критериев экзогенного месторождения Шок-Карагай. В пределах и на флангах месторождения выделить перспективные участки на редкие земли.

Фактический материал и методы исследования. Автор диссертации участвовал в разработке Научно-технической программы: «Научно-технологическое обоснование развития редкометалльной отрасли в Казахстане на 2011-2014 годы» по теме: «Поисково-оценочные работы на месторождении Шок-Карагай (Северо-Казахстанская область)». Фактический материал был отобран диссертантом при выполнении полевых геологических исследований, маршрутных наблюдений обнажений и документации керна поисковых скважин, а также использованы геологические материалы других исследователей, опубликованный в печати, как в Казахстане, так и за рубежом.

В камеральный период проводились анализ и описание прозрачных (более 500 шт.) и полированных (более 300 шт.) шлифов, изготовленных в Университете Адама Мицкевича (Польша), Институте геологических наук им. К.И. Сатпаева и в межкафедральной шлифовальной лаборатории Института геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова Satbayev University. Количественный (180 проб) и полуколичественный (120 проб) спектральные анализы образцов каменных материалов проведены на лабораторной базе ИГН им. К.И.Сатпаева.

Составлены петрофизические модели рудного поля и месторождения изучаемого района.

По комплексным геологическим, геофизическим, аналитическим и дистанционным (ДЗЗ) данным создана цифровая база данных (геоинформационная система) и построена трехмерная модель месторождения Шок-Карагай с использованием компьютерных программ ArcGIS, Micromine.

Защищаемые положения

1. В Сырымбетском рудном поле редкометалльно-редкоземельные месторождения эндогенного и экзогенного происхождения генетически и пространственно связаны с интрузивными массивами, где эндогенные месторождения локализуются в их апикальных частях, а экзогенные – в корях их выветривания;

2. На экзогенных редкоземельных месторождениях (типа Шок-Карагай) Сырымбетского рудного поля носителями РЗЭ являются собственные редкоземельные минералы – монацит, силикорабдофанит, паризит, а также

изоморфные примеси породообразующих и аксессуарных минералов коры выветривания.

3. В формате 3D модели экзогенного редкоземельного месторождения Шок-Карагай установлено, что распределение РЗЭ на его пределах имеет определенную закономерность, где с глубиной увеличивается их содержание.

4. Цифровая геоинформационная система и 3D модель месторождения Шок-Карагай позволяют выделить рудоконтролирующие факторы и перспективные участки на редкие земли в пределах площади месторождения.

Научная новизна исследования определяется тем, что *впервые для месторождения Шок-Карагай создана системная научно-информационная база*, которая позволяет проводить детальное изучение, анализ, распознавать рудоконтролирующие факторы и выделять перспективные участки на редкие земли в пределах и на флангах изучаемого месторождения.

Такое направление исследования осуществлено:

- созданием цифровой базы геоданных – геоинформационных систем (по комплексным геологическим, геофизическим, геохимическим, космическим, петрологическим, минералогическим, петрофизическим и данным ДЗЗ) для экзогенного редкоземельного месторождения Шок-Карагай Сырымбетского рудного района;

- созданием 3D модели месторождения Шок-Карагай, представляющие цифровую визуализацию особенностей распределения редких земель в его пределах. Это позволяет увязать характер распределения рудных элементов оруденения с его рудоконтролирующими факторами и усовершенствовать методы установления критериев прогнозирования и поиска объектов редкоземельной минерализации;

- уточнением и оценкой минерального состава коренных пород и коры выветривания на месторождении Шок-Карагай;

- определением минералов-носителей РЗЭ в коренных породах и в корах выветривания и их содержания;

- построением петрофизической модели месторождения с использованием геологической колонки, составленной по результатам буровых работ;

Практическая значимость. В пределах и на флангах месторождения Шок-Карагай выделены перспективные участки на редкие земли и оценены их ресурсы. Они могут быть рекомендованы уполномоченным государственным органам и геологоразведочным компаниям для проведения поисково-оценочных работ.

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертации обсуждались на заседаниях кафедры ГСП и РМПИ института Геологии и Нефтегазового дела им. К.Турысова Satbayev University. Результаты исследований отражены в научном отчете по проекту: «Поисково-оценочные работы месторождения Шок-Карагай, изучение вещественного состава руд, выделение промышленных рудных тел, оценка редкоземельного оруденения по категории P_1 и P_2 » (2014г).

Публикации. По результатам выполненных научных исследований опубликованы 10 статей и докладов, в том числе 3 работы в международном

научном издании, входящим в базу данных компании Scopus и имеющем ненулевой импакт-фактор и 3 статьи в научных изданиях, рекомендуемых Министерством образования и науки РК. Полученные результаты широко апробированы на международных и республиканских научных конференциях, таких как «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», (Москва (Россия) - Занджан (Иран), 2013г), International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM-2015 (Албена, Болгария, 2015), «Материалы международной научно-практической конференции «Геология, минерагения и перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов РК», посвященной 75-летию института геологических наук им. К.И. Сатпаева» (Алматы, 2015), «Известия серия геологии и технических наук» (Алматы, 2015-2017), «Международная научно-практическая конференция «Научное и кадровое сопровождение инновационного развития горно-металлургического комплекса»» (Алматы, 2017).

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения и содержит 104 страниц печатного текста, 21 таблиц, 48 рисунков и фотографий, а также список литературы из 88 наименований.

Благодарность. Выражаю огромную благодарность моим научным руководителям доктору геолого-минералогических наук, академику НАН РК М.Ш. Омирсерикову и PhD, habil., Agata Duczmal-Czernikiewicz (Adam Mickiewicz University in Poznan) за полезные советы и консультации при подготовке диссертации к защите. Автор искренне признателен доктору геолого-минералогических наук Исаевой Л.Д. за консультации и ценные советы во время работы над диссертацией, к.г.-м.н. К.Ш. Дюсембаевой за поддержку при выполнении минералогических исследований, к.г.-м.н. С.К. Асубаевой и докторанту (PhD) М.А.Машраповой – при выполнении модельных построений. Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории Института геологических наук им. К.И. Сатпаева оказавшим неоценимую помощь при выполнении аналитических работ. Автор благодарен сотрудникам кафедры ГСП и РМПИ за оказанную помощь и поддержку на различных этапах выполнения диссертации.

1.1 Геологическая изученность

На большей территории Северного Казахстана в 1949-1951 гг. производилась геологическая съемка масштаба 1:200000, сюда входила и территория листа N-42-B, съемка проводилась большим коллективом геологов МГУ и МГРИ под руководством Богданова А.А. В результате работ получено много новых данных по стратиграфии, магматизму, метаморфизму и тектонике района. Материалы по докембрию впоследствии были обобщены Н.Ф.Трусовой (1954-1956 гг.).

В то же время В.Н. Разумова занималась изучением мезо-кайнозойских образований северо-западной части Центрального Казахстана.

В строении коры выветривания ею установлены четыре зоны. Возраст нижних зон определен как триас-юрский; образование верхней зоны связывается с верхнеолигоценым временем.

В 1953 г. вышла написанная по материалам экспедиции МГРИ работа Р.Д.Гаврилина «Геология, петрография и редкометалльная минерализация зерендинского плутона гранитоидов Северо-Восточного Казахстана». Р.Д.Гаврилин выделяет три интрузивных комплекса. Первый представлен гранодиоритами и кварцевыми диоритами, второй – крупнозернистыми биотитовыми гранитами и третий – лейкократовыми гранитами. Возраст первого комплекса определяется как готландский, возраст второго неясен, третий комплекс относится к образованиям нижнего и среднего девона.

В 1956-1958 гг. на территории листа N-42 производились редакционные работы масштаба 1:200000 О.М. Розеном и И.А. Богоявленской. В результате этих работ были детально расчленены архейские образования.

В 1957 г. под руководством Е.Д. Шлыгина и редакцией Р.А. Борукаева была составлена геологическая карта и объяснительная записка к ней, для листа N-42-B в масштабе 1:500000, в которой за основу взята несколько измененная стратиграфическая схема докембрия Е.Д. Шлыгина.

В 1958 г. изучением интрузивных массивов северо-западной части Кокчетавской глыбы занимаются А.М. Корыткин и А.М. Подольский. На территории листа N-42-XXI они выделяют два интрузивных комплекса. Возраст первого комплекса донижнедевонский – меланократовые граниты, гранодиориты и лейкократовые граниты. Возраст второго комплекса доверхнедевонский – граниты лейкократовые, биотитовые.

Обобщив все новые данные о стратиграфии и тектонике Казахстана и Средней Азии Всесоюзный научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ) издал в 1984 г. геологическую карту Казахстана и Средней Азии масштаба 1:1500000, главные редакторы: И.А. Афоничев и Н.Г. Власов, к геологической карте приложены:

1. схемы районирования Казахстана по типам стратиграфических разрезов (масштаб 1:5000000);

2. схемы районирования Казахстана по времени формирования доплатформенных структур (масштаб 1:5000000);

3. таблица стратиграфических разрезов интрузивных образований районов Казахстана.

В период с 1962 г. по настоящее время в пределах перспективных структурно-металлогенических зон Северного Казахстана проводится крупномасштабное геолого-поисковое картирование большим коллективом геологов, геофизиков и геохимиков Степной экспедиции, ВСЕГЕИ, ВИМС, ЦГХК, ВНИИХТ. На прилагаемых к отчету картограммах геологической и геофизической изученности района показаны контуры площадей всех проведенных в различное время съемок и поисково-оценочных работ с указанием года и организаций, проводивших эти работы. ПГО «Степгеология» в пределах исследуемой территории в период с 1968 по 1974 гг. проводит геологические съемки и поиски масштаба 1:200000 и 1:50000 и крупнее.

Для целей геологического картирования площадей, перекрытых мощным чехлом рыхлых отложений, широко применяются методы структурной геофизики. Ценная информация получена, в частности, по результатам гравиметровых съемок масштаба 1:50000, выполненных партиями СКГЭ под руководством Е.Н. Циунеля и С.Б. Абулгазина.

В 1967 году Центральной партией № 33 Степной экспедиции составлен отчет по геологической съемке и поискам масштаба 1:50000 в пределах листов N-42-77-B и N-42-89-A (северной части листа) площадью 1600 км² (авторы Боровской Ю.И., Онуфриев В.И.). В результате проведенных работ выделен перспективный участок (Елецкий) на 1 элемент, околонтурена Каракамысская перспективная аномалия, сопровождающаяся повышенными содержаниями молибдена, свинца и мышьяка.

В период за 1968-72 гг. Степной экспедицией совместно с ВСЕГЕИ МГ СССР проведено геолого-структурное картирование в пределах Грачевского рудного района (авторы Харламов М.Г., Баранов Н.Г.).

В результате проведенных работ была составлена структурно-геологическая карта масштаба 1:50000 с рекомендациями для выявления редкометалльных месторождений. Были выделены отдельные протяженные тектонические зоны, характеризующиеся интенсивной гидротермальной проработкой пород.

В результате металлогенического анализа установлены благоприятные перспективы для поисков новых месторождений в пределах изучаемых частей Кокчетавского поднятия и сопредельных территорий.

В 1968-1972 гг. после проведенного картирования фундамента масштаба 1:50000 (Харламов Н.Г., Зыкова Н.С.) установлены высококачественные сидериты в сланцево-углисто-карбонатной толще шарыкской свиты верхнепротерозойского возраста. В апреле 1970 г. партией № 92 оформлена заявка на первооткрывательство, в которой указано, что при производстве буровых работ пересечены сидеритовые руды с вертикальной мощностью от 19 м до 60 м при глубинах от 80 м до 240 м. Содержание железа в сидеритах более 40%. Предполагается бакальский тип оруденения.

В 1970 г. сотрудниками ПСЭ СКТГУ под руководством Ю.М. Рылова проводилось изучение и опробование керна на Шок-Карагайском участке, подтвердившее высокое качество сидеритов.

В 1973-1975 гг. Тематической партией ПОЭ СКТГУ проведено обобщение геолого-геофизических материалов с целью изучения перспектив сидеритоносности Кокчетавского поднятия под руководством В.В. Гая и Г.Н.Философова.

В результате этих работ выделено и детально охарактеризовано 6 рудных узлов сидеритовой минерализации, обобщены материалы по всем рудопроявлениям и доказывается их инфильтрационный генезис.

В 1974-1976 гг. СКГ экспедицией (Алексеев Ю.М., Муртазин А.М.) проведены детальные геолого-геофизические работы масштаба 1:10000 (гравиразведка, магниторазведка, бурение) с целью поисков сидеритовых руд на площади 200 км² (участки: Жетыкольский Володарский, Карасевский). В результате проведенных работ авторы сделали выводы, что едва ли можно ожидать в изучаемом районе промышленных запасов сидеритов.

С 1972 по 1973 гг. Кокчетавской ГРЭ (Алексеев Ю.М.) проведены поисково-оценочные работы на золото, в масштабе 1:10000, в пределах Кууспекского рудного поля. В результате проведенных работ составлена схематическая геологическая карта Кууспекского рудопроявления золота и дана отрицательная оценка на нахождение промышленных залежей золота до глубины 300 м.

В период 1973-1981 гг. Кустанайской геолого-геофизической экспедицией ПГО «Севказгеология» (автор Альжанов М.Н., Философов Г.И) проведено обобщение геолого-геофизических материалов по западной части Кокчетавского срединного массива с целью составления сводной геологической карты складчатого комплекса масштаба 1:200000 с элементами прогноза.

В результате этих работ выделено 5 металлогенических зон: – редкометалльных, золото-медно-редкометалльных; выделен Легаевско-Лавровский редкометалльный рудный район с рудопроявлениями олова, висмута, ниобия и др. элементов.

В 1979 году Альжановым М.Н. и Сахаровым Н.А. собран материал по теме: Месторождения и рудопроявления полезных ископаемых западной части Кокчетавского массива, их связь с интрузивным магматизмом и общие закономерности в размещении.

В результате обобщения фондовых материалов составлена структурно-формационная карта масштаба 1:200000, тектоническая карта масштаба 1:50000, дана структурно-формационная приуроченность всех рудопоявлений и месторождений полезных ископаемых.

В 1972-1974 гг. Северо-Казахстанским геологическим управлением Елецкой поисково-съёмочной партией проведены поисково-съёмочные работы масштаба 1:50000 в пределах листов N-42-88-Г и N-42-89-Г, в результате была составлена геологическая кондиционная карта с элементами прогноза, даны рекомендации на поставку геолого-геофизических работ на бериллий, каолин, висмут, олово, редкие земли и др.

С 1963 г. изучение территории Кокчетавской глыбы на редкие элементы ведет Кокчетавская геологоразведочная экспедиция. В результате этих работ были открыты и оценены участки с повышенными содержаниями колумбита и касситерита.

В 1964-1966 гг. Кокчетавской ГРЭ проведены поисково-разведочные работы на редкие металлы (бериллий, тантал, олово) в пределах Кокчетавской области (исполнители Зорин Ю.И., Костыгин А.Н.). Результаты сводятся к следующему:

1. На участке Лавровском (село Лавровка) коры выветривания несут повышенные содержания ниобия;

2. На участке Шок-Карагай (в 3,5 км северо-западнее пос. Шок-Карагай) установлено наличие интенсивного первичного ореола танталовой минерализации;

3. В пределах русла реки Камысакты установлено наличие кор выветривания гранитов Орлиногорского комплекса, представляющих определенный интерес как потенциальный источник редкометалльных элювиальных россыпей;

4. Наличие смешанной урано-ториевой минерализации и сопутствующих высоких концентраций бериллия, ниобия, лития, рубидия, цезия говорит о значительных автотасоматических процессах, которые могут привести к мобилизации редких металлов, дающих промышленные месторождения гидротермально-пневматолитового генезиса.

В 1966-1968 гг. были проведены исследовательские работы группой сотрудников КазИМСа под руководством Ф.А. Летникова (Садовский, Красильникова и др.) по изучению редкометалльной рудоносности метасоматических измененных гранитов района, что позволило оценить потенциальную рудоносность различных интрузивных комплексов и наметить наиболее перспективные из них.

Начиная с 1968 года и по настоящее время, на проектируемой площади ведутся работы по оценке танталонности и оловоносности гранитов орлиногорского комплекса и их кор выветривания. Ранее изучение велось совместно ревизионно-тематической партией №64 Центральной геохимической экспедиции и подразделениями Кокчетавской геологоразведочной экспедиции (Зорин Ю.И., Абрамсон М.Р., Костыгин А.Н.). Одновременно группой сотрудников ИМГРЭ (Миловановой, Буравиной и др.) под руководством Н.А.Соловова проводилось изучение вещественного состава кор выветривания и составление баланса распределения тантала и ниобия. В результате этих работ дана предварительная оценка перспектив танталонности кор выветривания Орлиногорских гранитов на участках: Лесничество, Шок-Карагай, Лавровка.

В 1969-1971 гг. (Абрамсон М.Р.) проводились поисковые работы на олово на участках Шок-Карагай Южный, Лесничество, Орлиногорский, Карабеловка. В результате проведенных работ выявлено два генетических типа рудопроявлений олова и тантала.

1. Экзогенный тип:

а) рудопроявления, связанные с оловоносной корой выветривания гранитов Орлиногорского комплекса (участки Орлиногорский, Лесничество);

б) рудопроявления россыпного олова, связанные с касситерит-содержащими песчано-глинистыми отложениями среднего миоцена-плиоцена (участок Шок-Карагай Южный).

2. Эндогенный тип, представленный оловоносными грейзенами участка Шок-Карагай Южный. В пределах участка Шок-Карагай Южный обнаружена россыпь касситерита, весьма незначительная по площади, с низкими содержаниями касситерита. По заключению автора: продолжение дальнейших работ нецелесообразно.

В период 1970-1972 гг. Кокчетавской ГРЭ проводились поисково-оценочные работы масштаба 1:25000 на редкие металлы в пределах Лавровского гранитного массива (ответственный исполнитель Гончаренко В.Е.). Проведенными поисковыми работами был изучен Лавровский гранитный массив, в центральной части его выделена площадь первой очереди для поисков колумбита (750×600 м) при средних содержаниях 30 г/т, также выделена площадь первой очереди для поисков месторождения бериллия (1750×500 м). Оконтурены и площади второй очереди - на западном экзоконтакте Лавровского гранитного массива на поиски месторождений редких металлов. На участке Лесничество выявлена небольшая залежь 8, не выдержанная как по мощности, так и по простиранию. По заключению на данной стадии изученности участок малоперспективен.

В 1985 году на площади Сырымбетского рудного поля скважинами установлено промышленное оловянное оруденение (первичные руды), что позволило рекомендовать этот объект для постановки поисково-оценочных работ.

При проведении поисково-оценочных работ на олово на Сырымбетском рудном поле в 1986-1990 гг. (Кузовенко А.И.) на участке Сырымбет было установлено наличие оловоносных кор выветривания, представляющих собой новый промышленный тип оловосодержащего сырья, на котором, на основании положительного ТЭДа, в 1989-1996 гг. выполнена детальная разведка кор выветривания и предварительная разведка первичных руд (Кузовенко А.И., Зорин Ю.М.). По результатам выполненных работ произведен оперативный подсчет запасов руд месторождения (Зорин Ю.М. 1996 г.).

В 1991 г. (Адамьян Н.Х., Мякшин Н.И.) картировочными скважинами на участке Сарыбулак в коре выветривания гранитоидов выявлены высокие концентрации колумбита и подсчитаны прогнозные ресурсы танталит-колумбита.

На рудное поле Сырымбет в настоящее время составлены геологические карты масштабов 1:50000-1:10000.

С 2000 года, на основании Контракта № 362 от 31.08.1999 г., месторождение Сырымбет изучается АО «Сырымбет». Фирмой за период недропользования выполнены в пределах горного отвода значительные объемы геологоразведочных работ (колонковое бурение 20834 п.м., отбор керновых проб – 11120, технологические исследования и т.д.). В результате

технологических исследований оловоносных кор выветривания, установлена возможность извлечения из руд не только олова и тантало-ниобатов, но и железа, кремнезема и глинозема. Достигнутая буровая сеть скважин позволяет классифицировать запасы олова по категориям C_1 , C_2 , а также подсчитать прогнозные ресурсы категории P_1 .

В юго-восточной части Сырымбетского рудного поля, на участках Сарыбулакский, Центральный и Сырымбетский, в период 2002-2003 гг., в рамках государственного заказа, АО «Кокчетавская ПСЭ» проведены поисково-оценочные работы на тантало-ниобаты и редкие земли (Попков В.Н., Граф О.В., и др.). По результатам проведенных работ в 2002 г. был выполнен оперативный подсчет запасов Ta_2O_5 , Nb_2O_5 и Sn, результаты которого прошли апробацию в ТКЗ ТУ «Севказнедра» (Протокол № 568 от 23.12.2002 г.) и на Коллегии (НТК) Комитета геологии и охраны недр МЭМР (Протокол № 165 от 24.12.2002 г.).

1.2 Геофизическая изученность

Планомерные геофизические исследования территории работ были начаты в начале пятидесятых годов. Первая аэромагнитная съемка была проведена в 1950-1952 гг. Западно-Сибирской аэромагнитной экспедицией. Сибирского геофизического треста в масштабе 1:1000000 прибором АИ-49 при высоте полета 200 м. Этими работами была установлена взаимосвязь магнитного поля с крупными геологическими объектами субширотного простирания. Качество работ не удовлетворяет современным требованиям.

В период 1952-1957 гг. вся территория Северного Казахстана была заснята аэромагнитной съемкой масштаба 1:100000 и 1:200000 Новосибирским геофизическим трестом, точность съемок составила $\pm 15-20$ нТл. Результаты съемки представлены по листно в масштабе 1:200000 в виде карт, графиков и изолиний. Качество работ для масштаба 1:200000 удовлетворительное.

В 1957 году Кокчетавская и Акмолинская партии СКГЭ на площади листа N-42-XXI проводили съемку масштаба 1:200000, в комплекс которой входило: магниторазведочные работы, металлометрическая съемка и метод ВЭЗ по сети 1000-2000×500 м. Эти работы проводились с целью геологического картирования и поисков цветных и редких металлов; первичные материалы не сохранились. Кроме того, в этом же году Акмолинской партией была проведена детальная съемка масштаба 1:10000 по сети 100×20 м методами магниторазведки (точность 17 нТл) металлометрической съемки на известном Орлиногорском месторождении олова. Положительных результатов, заслуживающих внимания, работы не дали.

В 1961 г. Северной и Сейсмической партиями СКГЭ проведена площадная гравиметрическая съемка масштаба 1:50000, в помощь геологическому картированию пород скального фундамента, на площади листа N-42-XXI, по сети 3000-4000×2000 м. В результате этих работ составлена карта изоаномал в редукции Буге точности $\pm 0.19-0.04$ мГл.

В 1961 г. Балкашинская партия СКГЭ проводила комплексные геофизические работы (с целью поисков никеля, железа, цветных и редких металлов) листы: 89-В, Г; 90-А, Б, Г и 102-А, Б, включающие следующие

методы: магниторазведку масштаба 1:50000, по сети 500×50 м и электроразведочные работы по отдельным профилям и небольшим участкам, в масштабе 1:10000. В результате работ выявлены перспективные элювиальные россыпи с повышенным содержанием касситерита и бериллия.

Илийская геофизическая экспедиция КГТ в 1966 году приводила аэромагнитную съемку масштаба 1:25000, расстояние между маршрутами 250 м, высота полета 25 м, точность 13,7 нТл. Эти материалы неудовлетворительного качества из-за плохой увязки между маршрутами, они представлены только картами графиков 1:25000, а вертикальный масштаб графиков в 1 см 200 нТл.

В связи с проведением геолого-структурного картирования Северного Казахстана и поисков спецсырья в 1965-1969 гг. Территориальной экспедицией были заполнены геофизические работы масштаба 1:50000 и 1:25000, включающие (контур 204, 215, 230, 255) гравиразведку по сети 500×50 м с достаточной точностью ±013-017 мГл (эти работы авторами проекта используются как опережающие работы при геологической съемке) и магниторазведку по сети 250, 500×50 м. При этих же съемках выполнена частичная детализация магниторазведки по сети 100-20 м, достигнутая точность составила ±8-100 нТл.

В 1969-1970 гг. Черняховская и Чкаловская партии СКГЭ провели гравиметрические работы в масштабе 1:50000 по сети 500×250 м с частичной детализацией площади в масштабе 1:10000 по сети 500×250 м. В результате этих работ построены гравитационные карты в редукции Буге с сечением изолиний 0,5 мГл, достигнутая точность составила ±015-017 мГл. Эти работы хорошего качества, и авторами отчета используются как опережающие гравиметрические работы при геологической съемке масштаба 1:50000.

В 1968-1972 гг. Территориальная экспедиция проводила геофизические работы с целью поисков спецсырья в масштабах 1:25000 и 1:10000. В состав этих работ входила гравиразведка по сети 250×100, 50 м, магниторазведка по сети 250×50, 100×20 м (точность до 15 нТл) и симметричное электропрофилирование по сети 100×20 м и (достигнутая точность составила менее 50 мм).

В 1969-1970 гг. на Карасевском участке проведены профильные работы шагом 200 м по методу ВЭЗ Кокчетавской гидрогеологической экспедицией. Эти работы оказались весьма перспективны при поисках воды.

В 1972-1984 гг. территория деятельности партии была заснята аэромагнитной съемкой Кустанайской геолого-геофизической экспедицией. Съемки проводились аэромагнитометрами КАМ-28, ЯМП-3, с активной радиогеодезической привязкой точностью 18-20 м. Высота съемки 25-50±5 м. Маршруты залетов 90, 100±10 м, что соответствует съемке масштаба 1:10000, точность съемки составила ±2,1>4,2 нТл, что дало возможность авторам отчета составить карты изолиний ΔТ через 10-20 нТл. Эти материалы авторами проекта были использованы для составления единой карты изолиний ΔТ масштаба 1:50000 путем приведения магнитного поля к единому уровню (3-х разных лет залета). Кроме того, при геологической съемке будут использованы карты изолиний масштаба 1:25000 и 1:10000.

В 1972-1974 гг. при поисково-съёмочных работах масштаба 1:50000 были проведены работы на отдельных участках масштаба 1:10000 – магниторазведка по сети 100×25 м (точность 6 нТл) и гравиразведка по сети 200×50 м (точность 0,08 мГл) и по отдельным профилям соответственно шагом 25 м и 50 м. В 1973-1975 гг. Северо-Казахстанская геофизическая экспедиция проводила детальные гравиметрические работы на отдельных участках масштаба 1:10000 по сети 200×50 м, достигнутая точность составила 0,031-0,07 мГл, что позволило составить карты в редукции Буге масштаба 1:10000 с сечением изолиний через 0,1 мГл. Эта же площадь была отработана магниторазведкой в масштабе 1:10000 по сети 100×25 м, точность съёмки 6,5-7 нТл. Составлена карта изолиний ΔT в масштабе 1:10000 с сечением изолиний через 20 нТл.

В 1984-1985 гг. Валихановская партия СКГЭ проводила геофизические работы с целью уточнения геолого-структурной позиции аномалии Сопочной. Работы были выполнены на площади 50 км² и включали гравиразведку по сети 100×100, 200×50. Полученная точность аномалии Буге $\pm 0,05$ мГл позволила составить карту с сечением изолиний через 0,2 мГл. Магниторазведочные работы проводились по четырем отдельным площадкам по сети 100, 50-5 м магнитометром ММП-203, достигнутая точность составила 2,3 нТл.

При проведении поисковых и разведочных работ в течение 1987-1993 гг. применялся широкий комплекс геофизических методов исследования скважин, включавший РРК на олово, вольфрам, мышьяк и др. и позволяющий решать различные геологические и технические задачи от выявления и оценки содержаний рудных компонентов до изучения кавернозности стенок скважин и их телефотодокументации.

2 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЯ СЫРЫМБЕТСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

2.1 Краткая геологическая характеристика рудного района

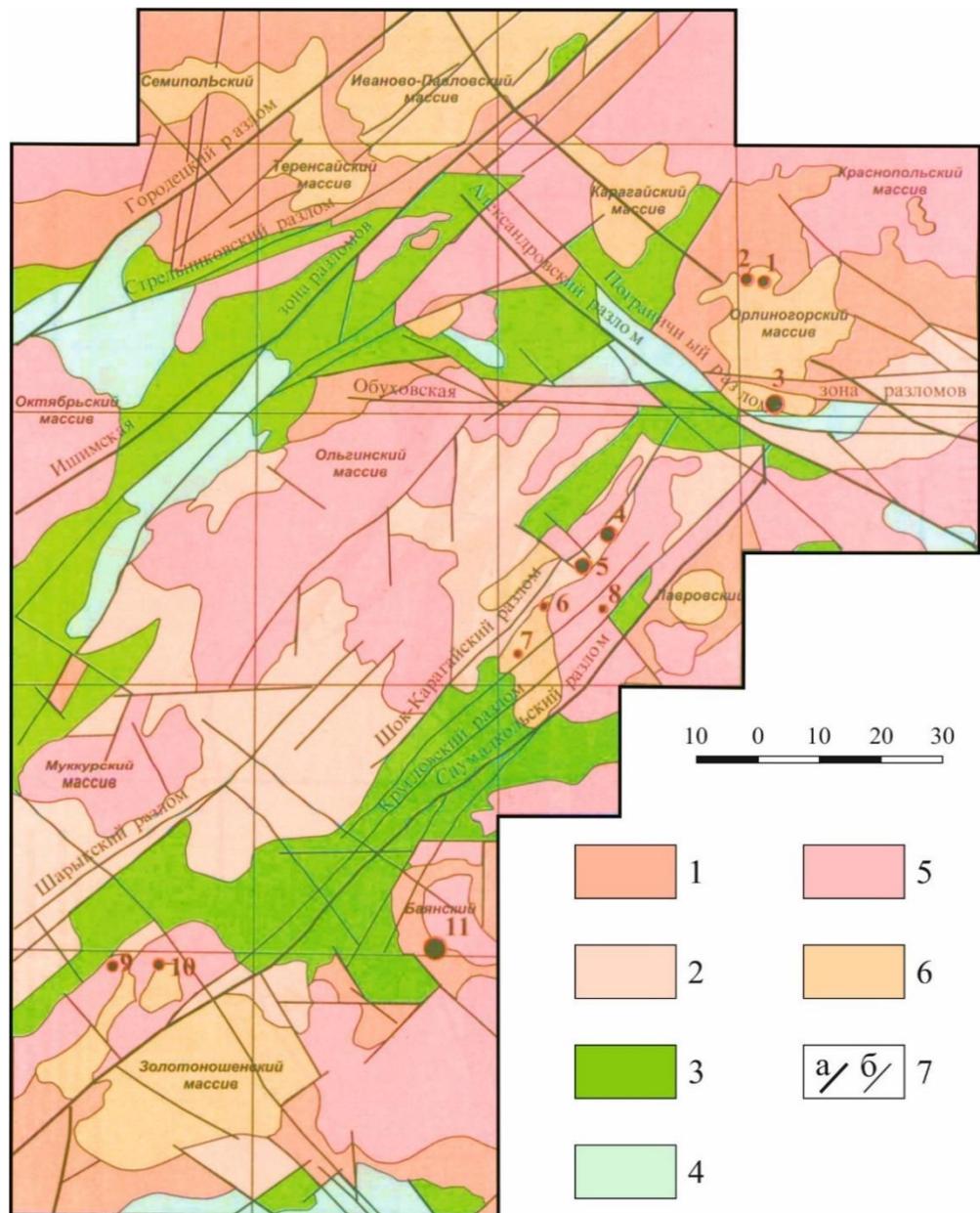
Сырымбетское рудное поле расположено в северо-западной части Кокчетавского срединного массива, в пределах Володарского рудного района. Геологическое строение этого региона подробно освещено в многочисленных изданных трудах различных ученых, а также в отчетах по тематическим и геолого-съёмочным работам. Наиболее поздними из последних являются отчеты Т.И. Литавр (1996 г.) по геологической съёмке масштаба 1:50000 и отчет В.Н. Попкова и Ю.И. Рылова (2001 г.) по ГДП-200 [16-22].

Володаровский рудный район размещается в северо-восточной части Володаровской структурно-металлогенической зоны, включающей в себя серию субпараллельных глубинных разломов северо-восточного заложения – Грачевский, Гавриловский, Андреевский и др. Северная часть Володаровской зоны глубинных разломов пересекает Кокчетавский срединный массив и на северо-востоке ограничивается системой разломов северо-западного и субширотного направлений. На юго-западе эта зона выходит за пределы Кокчетавского срединного массива и в районе реки Ишим, вероятно, срезается субмеридиональными структурами, ограничивающими Тургайский прогиб. Не исключено, что она прослеживается и далее под чехлом мезокайнозойских отложений. Косвенным подтверждением этого могут служить отдельные элементы современного рельефа (рисунок 1) [23-35].

Наиболее древними образованиями региона (рисунок 2) являются высокометаморфизованные породы, *зерендинской серии нижнего протерозоя (PR_{1zr})*, представляющие так называемый комплекс основания (гнейсовый фундамент). В составе комплекса преобладают гнейсы, кристаллические сланцы, гранатовые амфиболиты, прослои мраморов, кварцитов, тела эклогитов. Породы метаморфизованы в гранулитовой фации.

Стратиграфически выше залегают отложения *шарыкской свиты верхнего рифея (R_{3sr})*, представленные углеродистыми металаевролитами, известняками, доломитами, серицитовыми филлитами с горизонтами кварцевых и олигомиктовых песчаников, в основании разреза присутствуют единичные покровы базальтов.

Эти отложения перекрываются толщей пород *кокчетавской свиты (R_{3kk}) верхнего рифея*, представленной кварцевыми песчаниками с маломощными прослоями метаморфизованных рутил-цирконовых россыпей, кварц-серицитовых сланцев, мраморов и углеродистых филлитов.

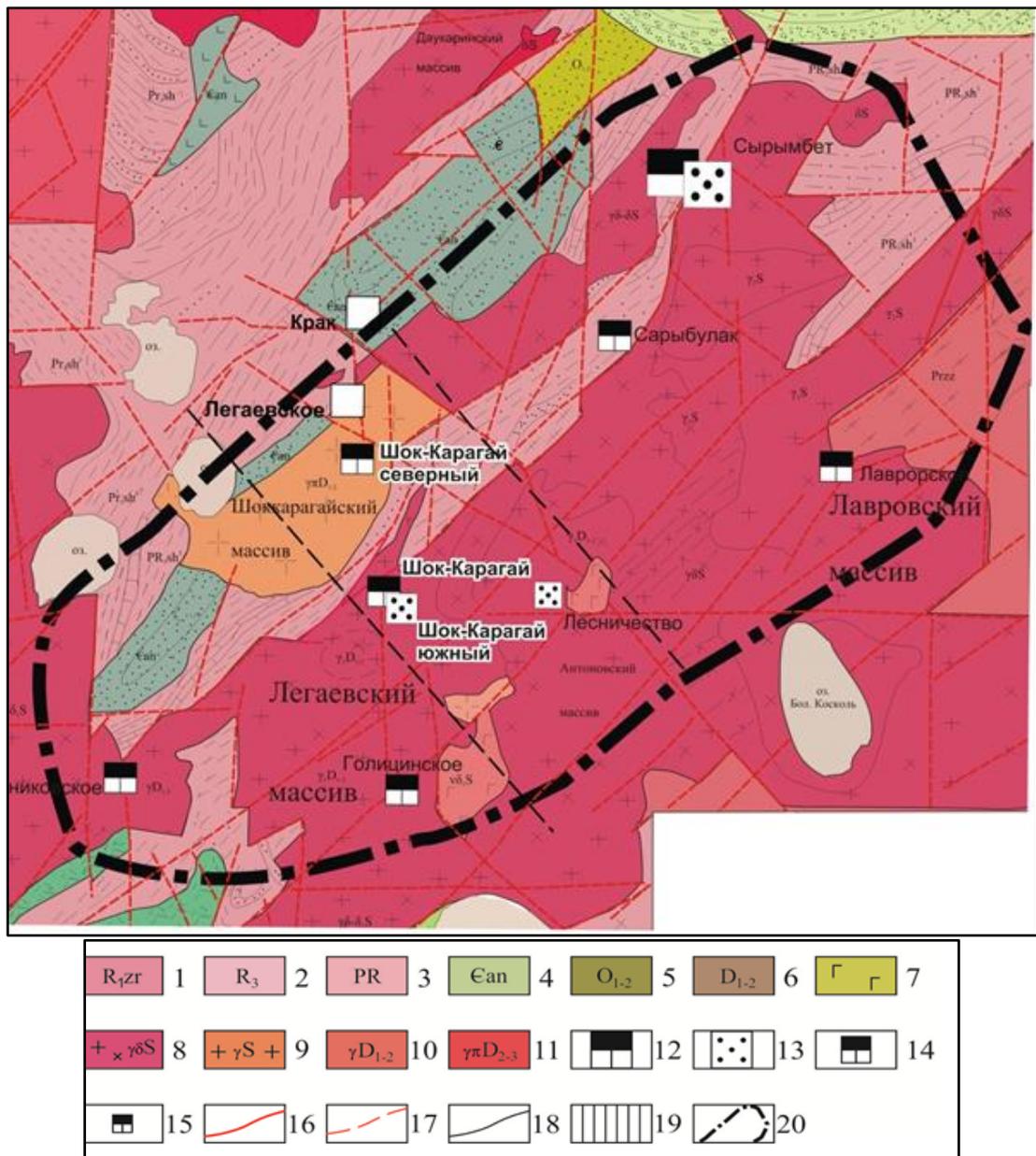


1 – выступы дорифейского кристаллического фундамента; 2 – осадочные формации раннегеосинклинальных прогибов, слагающих ядра антиклинальных структур; 3 – осадочные формации позднегеосинклинальных прогибов (O_1-O_3); 4 – осадочные формации посторогенных впадин (D-J); 5 – раннеорогенные силурийские интрузии гранодиоритов, гранитов; 6 – позднеорогенные девонские интрузии лейкократовых гранитов; 7 – разломы: а-глубинные трансрегиональные; б-региональные 2-го порядка

Редкометалльные месторождения и проявления

- | | |
|---------------------------------------|--------------------|
| 1 Орлиногорское Sn (Ta, Nb) | 7 Легаевское |
| 2 Орлиногорское (россыпь) Sn (Ta, Nb) | 8 Лесничество |
| 3 Ускенское Sn | 9 Шарыкское |
| 4 Сырымбет Sn (Ta, Nb) | 10 Золотоношенское |
| 5 Сарыбулак Ta, Nb (Sn) | 11 Баян |
| 6 Шок-Карагай | |

Рисунок 1 – Схема основных структурных элементов северо-запада Кокшетауского поднятия [36]



1 – зерендинская серия: гнейсы, амфиболиты, кристаллические сланцы; 2 – шарыкская свита: углисто-глинистые, кремнисто-глинистые сланцы, песчаники, известняки; 3 – толща переслаивания кварцитов, кварцевых песчаников, алевролитов, линз известняков; 4 – андреевская свита: кварцевые песчаники, глинистые сланцы, прослои глинистых сланцев; 5 – туфопесчаники, алевролиты, кремнистые аргиллиты; 6 – лавы кислого состава; 7 – габбро, габбро-диабазы; 8 – гранодиориты, граниты, кварцевые диориты; 9 – биотитовые и биотит-роговообманковые граниты; 10 – крупнозернистые, иногда порфиroidные лейкократовые биотитовые граниты (I фаза внедрения); 11 – гранит-порфиры, кварцевые порфиры; 12 – месторождения олова уникальные, крупные; 13-15 – месторождения олова: 13 – крупные, 14 – средние, 15 – мелкие; 16 – тектонические нарушения региональные (I порядка); 17 – тектонические нарушения локальные (II порядка); 18 – контакт пород; 19 – Сырымбетская оловоносная зона; 20 – контур рудного узла

Рисунок 2 – Сырымбетское рудное поле (масштаб 1:200000) [37]

Интрузивные образования в Володаровском рудном районе пользуются широким распространением. По взаимоотношениям с вмещающими породами, а также по петрохимической, металлогенической и геохимической специализации в Володаровском рудном районе выделяются два интрузивных комплекса:

Зерендинский позднеордовикский–раннесилурийский гранитоидный комплекс (γ - $\gamma\delta O_3$ - S_1) представлен кварцевыми диоритами, гранодиоритами, тоналитами и существенно плагиоклазовыми гранитами. Интрузивные массивы комплекса обычно залегают среди докембрийских метаморфизованных пород и с размывом перекрываются нижнедевонскими вулканогенными образованиями. Они образуют лакколиты и пологозалегающие пластины, нередко с директивностью, параллельной контактам. Металлогеническая специализация комплекса выразилась в формировании железорудных месторождений и медных проявлений скарнового типа, кварцево-жильных золоторудных.

Дальненский (орлиногорский) комплекс лейкократовых гранитов среднего девона ($1\gamma D_2dl$) образует штокообразные и уплощенные, линейные плутоны. Строение массивов и последовательность формирования интрузивных фаз сложные, породы ранних фаз иногда представлены нормальными порфирированными, биотитовыми гранитами, но в большинстве случаев главная интрузивная фаза, дополнительные и жильные породы – это аляскиты и кварцполевошпатовые граниты. С этим комплексом связаны рудопроявления олова, вольфрама, молибдена в зонах грейзенизации и окварцевания, а также тантала и ниобия в альбитизированных метасоматитах.

Возрастное геологическое положение гранитоидных массивов в какой-то мере условно. Ф.А. Летников и В.И. Серых считали комплекс девонским на основании наличия рвущих взаимоотношений граносиенитов с субвулканическими образованиями предположительно раннедевонского возраста и присутствия обломков сходных пород в красноцветных конгломератах позднего девона. Однако до сего времени еще нигде не закартированы достоверные факты перекрытия петротипических массивов комплекса девонокаменноугольными отложениями. Некоторые исследователи считают, что комплекс пермским на основании материалов радиогеологии. *Граниты Легаевского массива* имеют следующие возрастные значения: 327, 301-241 млн. лет (калий-аргоновый метод по биотиту). Для первой фазы по семи пробам средняя цифра равна 274 ± 20 млн. лет, для второй фазы по пяти пробам получено 281 ± 20 млн. лет, а по свинцовому методу определения равны 254-268 млн. лет. По слюдам пород *Шоккарагайского массива* калий-аргоновых определений не имеется, а свинцовым методом получены значения в 240-285 млн. лет. Радиологические даты, определенные различными методами, получаются намного моложе окружающих ордовикско-девонских магматических пород и соответствуют пермскому возрастному уровню.

Образования коры выветривания (eMZ) широко развиты по всей площади Володаровского рудного района. Мощность кор выветривания достигает 100 и более метров. В разрезе коры выделяются (снизу-вверх) щебенистая, глинисто-щебенистая и глинистая зоны. Нижняя, щебенистая зона распространена почти

повсеместно. Она представлена рыхлой, структурной породой, в которой количество щебенистого материала составляет 40-60%. Минералогически она полностью соответствует материнской породе. Щебенисто-глинистая зона представлена рыхлой породой, часто равномерно окрашенной гидроокислами железа и марганца в ржаво-бурые цвета. В нижней части разреза она отчетливо структурная, содержит до 60% кварца, 25-30% частично каолинизированного и серицитизированного полевого шпата.

В верхней части порода слабо структурная, количество кварца уменьшается до 20%, полевой шпат, практически полностью замещается серицит-каолинитовым агрегатом. Глинистая зона коры выветривания в разрезах скважин зачастую отсутствует. Порода бесструктурная, состоит из светло-серого каолинита и редких зерен кварца (до 5-7%). Иногда неравномерно окрашена гидроокислами железа в ржаво-бурые тона.

На образованиях коры выветривания залегает толща палеогеновых зеленых глин с прослоями песка (*чеганская свита*) и пестрых глин иногда с прослоями песков и супесей *терсекской свиты нижнего-среднего миоцена (N_{1trs})*. Отложения терсекской свиты имеют ограниченное распространение и картируются в северо-восточной и северо-западной частях Володаровского рудного района.

Выше по разрезу залегают отложения *жиландинской свиты (N_{2zl}) плиоцена*, представленные яркими красно-бурыми, иногда, буро-коричневыми глинами.

Практически во всех скважинах вскрываются отложения *жушиликской свиты нижнего звена четвертичной системы (Q_{1zn})*, в которых преобладают темно-бурые, красновато-бурые, серовато-темно-бурые глины с линзочками кварц-полевошпатового песка.

Венчает разрез кайнозойских отложений так называемые «покровные» суглинки *современного звена четвертичной системы (Q_{1v})*, которые залегают в виде сплошного чехла на породах различного возраста.

Полезные ископаемые Сырымбетского рудного поля. В пределах описываемой территории известны многочисленные проявления металлических и несколько месторождений нерудных полезных ископаемых.

Гранитоиды Сырымбетского и Сарыбулакского массивов по отношению к оловянно-оруденению являются рудогенерирующими и отчасти рудовмещающими. Рудовмещающей и рудогенерирующей формацией для тантало-ниобатов являются гранитоиды. Они прослеживаются в виде гребневидных дайкообразных тел северо-восточного простирания.

Пространственно и генетически с гранитами Легаевского и Первомайского массивов и кварцевыми порфирами, гранит-порфирами Шоккарагайского участка связаны проявления олово, бериллия, тантала, висмута и редких земель. К мощным тектоническим зонам в отложениях верхнего протерозоя приурочиваются проявления сидеритов. С корами выветривания гранитоидов, алевролитов и слюдистых сланцев связаны месторождения и проявления каолинов.

Значительная часть известных проявлений установлена и изучена предыдущими исследованиями.

Работами Елецкой ПСП дополнительно изучены и расширены площади участков ранее известных проявлений, проведена оценка на глубину некоторых из них и выявлены новые проявления: Западно-Коскольское и Сырымбетское сидеритовых руд; участок Южный Шок-Карагай – бериллиевой и висмутовой минерализации, Западно-Шоккарагайское проявлением висмута. Кроме того, были зафиксированы многочисленные пункты минерализации и геохимические аномалии различных рудных минералов и элементов.

Из неметаллических полезных ископаемых выявлено около десятка проявлений каолинов и одно месторождение (Болотное) каолиновых глин.

Итак, Сырымбетский рудное поле образовано гигантским оловянным месторождением Сырымбет и группой более мелких объектов, локализованных в основном в Легаевском и Шок-Карагайском гранитоидных массивах. Граниты девонского возраста прорывают кварциты протерозойской шарыкской свиты. В составе массива нормальные биотитовые граниты и поздние, вероятно, пермские гранит-порфиры, гранофиры, кварцевые порфиры.

2.2 Редкометалльно-редкоземельные месторождения и рудопроявления рудного поля

Месторождение Сырымбет. В пределах одноименного рудного поля (рисунок 3) находится гигантское оловянное месторождение Сырымбет, которое достаточно полно исследовано, оно открыто в 1986 г. Кустанайской ПСЭ. Разведывали и изучали месторождения А.И.Кузовенко, В.П.Семенков, А.П.Осауленко, Ю.М.Зорин, А.Ф.Сметанников [99, с. 37; 38-49].

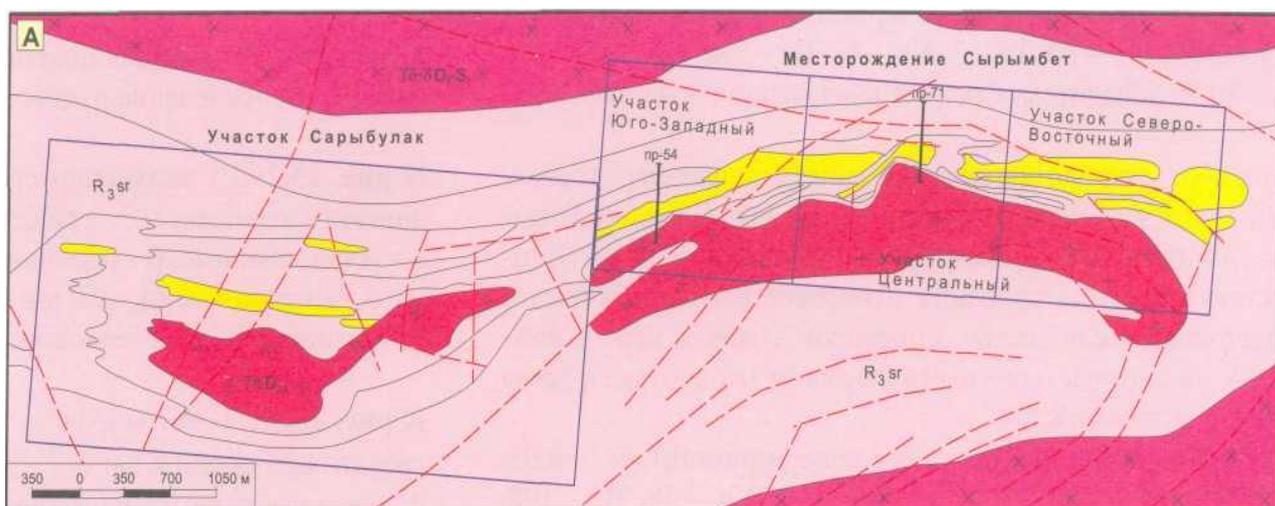


Рисунок 3 – Схематическая геологическая карта рудного поля Сырымбет

Месторождение находится в северо-западной части Кокшетауского срединного массива, представляющего собой блоки пород докембрийского метаморфического комплекса, спаянные более молодыми магматическими и осадочными образованиями.

Рудные тела месторождения вытянуты вдоль северо-западного контакта небольшого штока лейкогранит-порфиров, имеющего северо-восточное простирание и прорывающего вендские осадочные толщи андреевской и шарыкской свит, которые считаются с кембрийскими базальтами люботинской серии, а также интрузиями габбродиоритов зерендинского и гранитов боровского комплексов.

Рудные тела расположены в ореоле флюоритосодержащих грейзенов развитых по около интрузивным биотитам и амфиболовым пропицитам, а также по альбитизированным материнским лейкогранит-порфирам.

Рудная минерализация контролируется Сырымбетской девонской интрузией гранит-порфиров. Длина интрузии около 6700 м, ширина от 100 до 600 м (рисунок 4). По гравиметрическим данным на севере-востоке интрузия прослеживается на небольшой глубине еще на 500-700 м. По химическому составу гранит-порфиры обогащены щелочами (K_2O - 4,5-5,0%, Na_2O - 3,4-3,7%), характерна геохимическая специализация на Sn, Nb, Y. По геофизическим данным (В.Н.Любецкий, 1980 г.) глубина формирования интрузии не превышает 2-3 км.

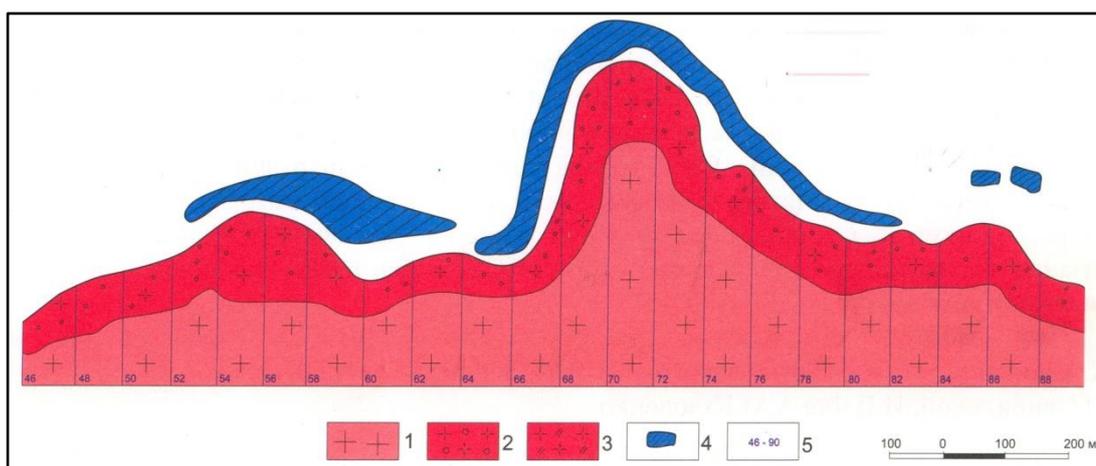


Рисунок 4 – Морфология кровли Сырымбетской интрузии и характер распределения рудных тел

Внутреннее строение интрузии однородное и различается лишь по характеру и степени метасоматических изменений. Повышенной степенью грейзенизации отмечается центральная часть интрузии, по химическому составу гранит-порфиры относятся к калиевым лейкократовым гранитам.

В рудном поле выделяются три участка с различным содержанием олова в рудах. Наиболее богатые руды находятся в Центральном участке, несколько беднее – на Юго-Западном участке и самые низкие по содержанию олова руды Северо-Восточного участка. В 4 км к юго-западу находится месторождение Сарыбулак с преобладающей тантал-ниобиевой минерализацией. Как и другие редкометалльные месторождения Казахстана месторождение Сырымбет формируется в системе «интрузив-надинтрузивная зона» (Лаумулин, 1977 г.). Рудные тела располагаются в апикальных частях рудоносных интрузий и

закономерно повторяют форму их кровли (рисунок 4).

Главное рудное тело месторождения (65 % запасов олова) приурочено к центральному выступу. Это предположительно надкорневая часть интрузии в системе «корень-купол» (Лаумулин, 1977). С меньшим по размерам юго-западным выступом интрузива связано второе по размерам рудное тело, а над северо-восточным куполом расположены два небольших рудных тела. Строение рудной зоны и распределения основных полезных компонентов сложное. Прожилково-вкрапленная и рассеянная рудная минерализация формирует линейную штокверковую зону с промышленным оруденением. Мощностью зоны от 50 до 250 м, прослежена до глубины 820 м. Рудная зона не имеет четких геологических границ и оконтуривается по содержаниям рудных компонентов. Промышленное оруденение прослежено по простиранию на 3000 м и оконтурено на северо-восточном фланге (рисунок 4). На юго-западном фланге оруденение не оконтурено и прослеживается по данным буровых работ еще на 4 км до месторождения Сары-Булак, сохраняя единую геолого-структурную позицию с тенденцией к погружению.

На месторождении выявлено около 50 гипогенных и порядка 20 гипергенных минералов. Основным полезным компонентом руд Сырымбета является олово, концентрирующееся, в основном, в касситерите (до 90%) и станинине. Сопутствующие компоненты: вольфрам (шеелит, вольфрамит), молибден (молибденит), висмут (висмутин, виттихенит), **тантал (танталит)**, **ниобий (колумбит)**, бериллий (берилл, даналит).

По результатам геохимических исследований в распределении рудных элементов наблюдается закономерное удаление от гранит-порфирового контакта свинца, цинка, меди и олова. Элементы редкометалльной группы располагаются в непосредственном контакте углеродистых пород шарыкской толщи с гранитами-порфирами. По выявленным геохимическим особенностям построена объемная модель строения месторождения (Ф.Г.Губайдулин, А.И.Кузовенко, 2004).

Тантал-ниобиевая минерализация на данном месторождении связана с альбитизацией, которая по аналогии с другими месторождениями Казахстана, происходила при температурах 480-390⁰С (Р.В. Масгутов, 1988). Грейзенизация в гранитах происходила при температурах 420-330⁰С (Г.Н. Щерба, 1968), рудоносный штокверк формировался при температурах 330-280⁰С.

Гидротермально-метасоматические процессы. Рудовмещающей толщей являются терригенно-осадочные породы шарыкской свиты, подвергшиеся в приконтактной части интенсивной гидротермально-метасоматической переработке (окварцевание, биотитизация, серицитизация, турмалинизация, амфиболизация, скарнирование и т.д.), чем и обусловлено все многообразие, пестрота и сложность вещественного состава природных разновидностей пород и руд месторождения. В целом, сочетание биотитов и амфиболовых пропилитов в околоинтрузивном пространстве с зоной альбитизации внутри интрузии, а также с развитыми в эндо-, экзоконтакте интрузии грейзенами, типично для плутоногенной метасоматической зональности. Поэтому данный набор метасоматитов участка месторождения Сырымбет и само оловянное оруденение

исходя из их структурно-геологической позиции рассматриваются как единый комплекс образований, сформированный в эпоху становления лейкогранит-порфировой интрузии. Такой подход позволяет использовать количественные методы исследования процессов рудообразования для оценки термодинамической условий отложения рудных минералов и редких элементов, а также области распространения метасоматически измененных пород, с чем связана локализация руд на данном месторождении.

Россыпные рудопроявления олова. В пределах Сырымбетского рудного поля выделяются россыпные рудопроявления олова: Легаевское и Лесничество, а также Шок-Карагайское рудопроявление, представленное двумя участками – Северо-Шоккарагайским и Южно-Шоккарагайским.

Северо-Шоккарагайский участок россыпного олова приурочено к северному экзоконтакту интрузии гранит-порфиров Шоккарагайского массива. Содержание россыпного олова в отдельных пробах (низы свиты турне) достигает 60-200 г/м³. Из-за невыдержанности песчано-щебнистого материала и слабой дифференциации обломков рудопроявления оценены как неперспективные. В пределах участка поисковыми работами (1966 г.) установлено наличие первичного ореола тантала от 0,0003 до 0,002 %. На этот ореол накладываются ореолы ниобия, лития, рубидия, цезия. Содержание ниобия от 0,01% до 0,17%. Циркония от 0,005 до 0,16%, бериллия – 0,17 %.

Южно-Шоккарагайское рудопроявление россыпного олова располагается в 0,5 км. южнее пос. Шок-Карагай. Оно было выявлено Кокчетавской ГРЭ (Ю.М.Зорин) к северу от коренного проявления олова. Была выявлена депрессия, заполненная продуктами сноса оловоносных грейзенов. При разбуривании депрессии в интервале установлено содержание касситерита от 2,2 до 312,4 г/т в красно-бурых глинах павлодарской свиты. При переоценке (Абрамсон М.Р., 1972) в девяти скважинах установлено повышенное содержание касситерита, от 15 до 768,5 г/м³. Участок оценен как неперспективный.

Участок Легаевское. Он находится в 10-12 километрах к югу от посёлка Шок-Карагай. В рельефе это относительно высокий пологий и обширный увал (2 км), поросший лесом. Но вершина его, совпадающая с указанными координатами, по навигатору, безлесая, сложена коренными породами – мелко-среднезернистыми гранит-граносиенитами, как и на основном участке Шок-Карагай. Кор выветривания ни на вершине, ни по склонам увала нет. Присутствуют рвущие кварцевые порфиры. Отобран материал на шлифы, аншлифы, протоочки, серия геохимических проб на полуколичественный спектральный анализ. По результатам анализа определены надкларковые содержания олова ($\times 3$), бериллия ($\times 1,5$), ниобия ($\times 2$), церия ($\times 5$), иттрия ($\times 3$). В целом, участок малоперспективный.

Участок Лесничество расположен к востоку от пос. Шок-Карагай. Участок сложен гранитоидами орлиногорского и крыккудукского гранитоидных комплексов (Легаевский массив), мезозойскими корами выветривания (КВ) и рыхлыми покровными отложениями кайнозоя.

Мезозойская кора выветривания развивается по всем кристаллическим породам участка. Морфогенетические типы коры выветривания: линейно-контактовая, линейно-трещинная, площадная.

Линейно-контактовая кора выветривания приурочивается контакту различных пород и развивается непосредственно вдоль него, с мощностью от 15 до 30 метров.

Линейно-трещинная кора выветривания формируется вдоль разломов, зон дробления и повышенной трещиноватости, обычно в гранитах.

Площадная кора выветривания имеет плащеобразную форму, развивается на некотором удалении, от 1 до 10 метров от контактов. Профиль выветривания в строении: верхняя зона каолиновая, средняя зона каолинито-гидрослюдистая и нижняя щебнистая.

Каолиновая зона, маломощная и наименее сохранившаяся, распространяется отдельными пятнами на общем фоне чехла КВ. Малая сохранность объясняется большой подверженностью процессам эрозии.

Каолинито-гидрослюдистая (глинизированная) зона является наиболее сохранившейся и выдержанной по мощности по простиранию. В верхних горизонтах зоны структура субстрата плохо сохраняется, часто отсутствует, в нижних выражена более отчётливо.

Дресвяно-щебнистая зона распространена повсеместно, сложена обломками разрушенных и выветрелых пород субстрата. Наблюдаются следующие минералы: колумбит, касситерит, топаз, ксенотим, циртолит, циркон, монацит, рутил и др.

Выделенные зоны КВ обладают постепенными переходами, чётких границ не наблюдается.

И КВ, и кристаллические породы участка Лесничество повсеместно перекрыты чехлом рыхлых отложений кайнозоя мощностью 1-20 метров.

Коры выветривания на этом участке залегают на тех же гранитах и кварцевых порфирах, что и на основном рудном поле. Местность в искусственных лесных насаждениях, зрелый густой лес. В придорожных канавах элювий гранит-граносиенита, реже кварцевый порфир.

По результатам опробования материала отвалов канав на участке, пройденных в ходе поисковых работ (Степьгеология, 1982 г.), определяются повышенные содержания олова, бериллия, иттрия и редких земель. Участок требует доизучения [20-45, с. 21].

2.3 Геологические и минералогические характеристики месторождения Шок-Карагай

В составе Шок-Карагайского комплекса выделены крупно-, средне- и мелкозернистые разности граносиенитов, кварцевых сиенитов и гранитов, соответствующие трем фазам становления. Дайковая фация представлена гранит-порфирами, фельзит-порфирами и вогезитами. Все породы имеют характерные неравномернозернистые и гранофировые структуры, присущие обычно малым гипабиссальным телам магматического генезиса.

Минеральный состав пород довольно однообразный. Преобладающим минералом является микроклин (до 70-90%), в различных количествах присутствует плагиоклаз, кварц. Биотит не превышает 5%. Роговая обманка встречается намного реже.

Породы комплекса содержат разнообразные акцессорные минералы. Главнейшая особенность по сравнению с девонскими лейкогранит-аляскитами заключается в повышенном содержании флюорита, апатита и циркона, пониженном – титаносодержащих минералов.

По химическому составу породы Шок-Карагайского комплекса приближаются к типовому ряду кварцевый сиенит-граносиенит-гранит. Породы наиболее богаты щелочами ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}=9-11,5\%$) среди любых магматических образований Кокшетауского поднятия, причем содержание калия всего на 1-2% превышает содержание натрия при сравнительно низкой, негранитной кислотности ($\text{SiO}_2=61-67\%$) и пониженной основности.

Для комплекса характерна редкометалльная металлогеническая специализация. С зонами окварцевания Еленовского массива связано одноименное редкометалльное рудопроявление. Собственные минеральные формы имеют ниобий, тантал, олово, вольфрам, циркон, золото. В южном экзоконтакте Еленовского массива со скарнами связано рудопроявление железа.

К северу и северо-западу от Легаевского гранитного массива Шок-Карагайский выход порфировидных мелкозернистых гранитов-гранодиоритов представлен породами третьей фазы. Преобладающая часть выхода сложена массивными однородного сложения, хорошо раскристаллизованными породами с гранитной структурой основной массы. Отмечаются мелкие миаролы с биотитом, флюоритом, и иногда турмалином. Среди пород в керне часто отмечаются скарны – пироксеновые, гранатовые, гранат-эпидотовые с магнетитом. Скарны часто окварцованные, амфиболизированные, эпидотизированные и с флюоритом. Кроме скарнов отмечаются зоны хлоритизации, углистые сланцы с рассеянной вкрапленностью пирита, пирротина, сфалерита, галенита и халькопирита. Амфиболизированные породы, зона интенсивного окварцевания, эпидотизация, - также с рассеянной вкрапленностью сульфидов, флюорита, магнетита, а также с мелкими зёрнами шеелита. Отмечаются невысокие содержания олова и редкоземельных элементов в грейзенах и в кварцевых жилах.

Полоса развития вмещающих пород – углисто-сланцев шарыкской свиты – представляется перспективной на обнаружение оловорудных проявлений скарново-грейзенового типа, а также турмалинового типа касситерит-силикатной формации.

Площадь Шок-Карагайского участка пересекается крупными многошовными нарушениями северо-восточного направления (Шоккарагайская, Валихановские зоны и др.), а также более мелкими нарушениями северо-западного, субмеридионального и субширотного направлений.

Итак, месторождение Шок-Карагай расположено в юго-западном районе Кокшетауского поднятия и приурочено к Шок-Карагайскому сиенит-граносиенитовому комплексу, расположенному в пределах пересечения тектонических зон, вдоль северо-западного крыла Амангельдинского глубинного разлома.

Известно, что коры выветривания являются благоприятной средой для концентраций редкоземельных элементов. Особенности поведения этих элементов в гипергенных процессах зависят от их первоначальной минеральной формы, способности к гидролизу, комплексообразованию, изменению валентности. При вхождении в устойчивые к выветриванию минералы они образуют элювиальные россыпи, в неустойчивые – либо выносятся и рассеиваются, либо накапливаются в корях выветривания в форме примесей в каолините, гидроксидах железа, собственных гипергенных минералах (черчит, рабдофанит, иттрорабдофанит, бастнезит и др). В этом случае редкие земли могут формировать промышленно значимые скопления, даже если в коренных породах они не достигают промышленных содержаний. Поэтому в последнее время гипергенные месторождения редких земель представляют значительный интерес, особенно учитывая сравнительную простоту технологической схемы их отработки. По данным исследователей, накопление редкоземельных элементов в корях выветривания происходит на протяжении ранней щелочной стадии, главным образом за счёт лёгких лантаноидов, в то время как тяжёлые лантаноиды и иттрий могут частично выноситься, причём вверх по разрезу потери иттрия по сравнению с тяжёлыми лантаноидами возрастают [50]. В позднюю кислотную стадию картина диаметрально противоположна – выносятся лантан, а средние, тяжёлые лантаноиды и иттрий накапливаются. Поскольку продукты щелочной стадии по массе преобладают, то, как правило, коры выветривания обогащены лёгкими лантаноидами. Именно легкие лантаноиды распространены в коре выветривания Шок-Карагайского месторождения. Учитывая параметры месторождения (3×0,5 км) и глубинные распространения кор выветривания до 20 м, а также маломощную вскрышу до 5м, объект может отрабатываться открытым способом.

Участки Шок-Карагайского месторождения. Месторождение Шок-Карагай состоит из двух участков: *Шок-Карагай Северный* и *Шок-Карагай Южный*. Массивы Шоккарагайского сиенит-граносиенитового комплекса образуют небольшие штокообразные тела и расположены в узлах пересечения тектонических нарушений. Они слабо обнажены, площади их распространения оконтурены по материалам бурения. Установлено, что граносиениты и гранофировые граниты имеют активные контакты с метаморфическими породами докембрия, гранодиоритами позднего ордовика и катаклазированными гранитами девона. В гранитоидах присутствуют мелкие ксенолиты пироксен-амфибол-кварц-полевошпатовых и слоистых угленосных пород. Породы комплекса содержат разнообразные акцессорные минералы. Главнейшая особенность пород комплекса заключается в повышенном содержании флюорита, апатита и циркона, пониженном титаносодержащих минералов. Результаты исследования свидетельствуют о насыщенности

мелкозернистых гранит-порфиров фтористыми флюидотермальными образованиями. Их широкое распространение обеспечивает по всему району многочисленные мелкие россыпи касситерита, тантало-ниобатов и редкоземельных минералов. Развитие кор выветривания над этим комплексом унаследует стойкие к выветриванию минералы – касситерит, монацит, циркон, циртолит, ксенотим, иттропаризит, шеелит, а также удерживает продукты разрушения менее стойких – сульфиды, флюориты, полевые шпаты, амфиболы – обычно в составе редкометаллоносных комплексов, являющиеся минералами-носителями редких и рассеянных элементов. Выделены первично акцессорные минералы, свойственные петрологии комплекса, постмагматические, собственно редкометалльные, рудные минералы. К акцессорным отнесены циркон, присутствующий также и в пневматолитовой фазе, апатит, магнетит, ильменит. Остальные перечисленные выше минералы отнесены к метасоматическим ореолам рудного поля. Наиболее характерный из них – флюорит.

Участок Шок-Карагай Северный. В пределах изучаемого участка установлено наличие первичного ореола тантала от 0,0003 до 0,002 %. На этот ореол накладываются ореолы ниобия, лития, рублидия, цезия. Содержание ниобия от 0,01 % до 0,17 %, циркония от 0,005 до 0,16 %, бериллия – 0,17 %. Вблизи первичного ореола тантала оконтурены локальные зоны с содержанием тантала до 0,002 % и ниобия до 0,02 %. Мощность подобных зон достигает 18 м. Содержания суммы редких земель составляют 0,1-0,4 % (максимальное - 0,8%), циркония до 0,66 %, тория до 0,76 %.

В корах выветривания выявлены минералы, содержащие редкие земли – малакон, торит, монацит, бастнезит, ксенотим, чевкинит, рабдофанит. Участки приурочены к области распространения альбитизированных и грейзенизированных гранитов и гранит-порфиров золотоношенского и дальненского комплексов. Параметры участка 1000×350 м.

Участок Шок-Карагай Южный сложен метаморфическими образованиями шарыкской свиты, кварцевыми порфирами и порфиритами кайдаульской свиты. Широким развитием пользуются метасоматические образования, приуроченные к контакту с гранитоидами орлиногорского комплекса. Мезозойская кора выветривания и рыхлые отложения кайнозоя развиты повсеместно. Участок оценивался на олово. По данным исследователей содержание олова в грейзенах достигает 0,1 %, висмута 0,2 %, ниобия 0,03 %, молибдена 0,1 %.

На участке Шок-Карагай Южный содержание суммы редких земель составляет 0,1-0,6 %, доля иттрия в общей сумме около 20 %.

В россыпях ближнего сноса количество редких земель увеличивается до 0,7 %, иттрия до 0,14 % и сопровождаются повышенными концентрациями тория (0,008-0,02%) и циркония до 1 %. Параметры участка 1800×300-350 м.

На обоих участках выделены следующие коры выветривания с редкоземельным оруденением:

- 1) глинистые горизонты, являющиеся главными;

2) аллювиальные отложения олигоцена, перекрывающие рудоносные глинистые коры имеют подчиненное значение;

3) глинисто-щебенистые линейные коры также имеют подчиненное значение.

Редкие земли в корях выветривания Шок-Карагайского месторождения адсорбируются глинами, присутствуют в виде собственных первичных и новообразованных минералов, и находятся в виде изоморфной примеси в первичных и новообразованных минералах.

2.4 Геофизические характеристики рудного поля

Физические свойства пород. Сведения о физических свойствах горных пород района приводятся по данным измерения их плотности и магнитной восприимчивости, проведенных лабораторией СКГЭ по образцам, отобраным в процессе геологической съемки. Образцы для определения физических свойств отбирались из керна скважин и коренных обнажений при геологических маршрутах.

При измерении физических свойств, выполненных в лаборатории экспедиции; определялось 2 параметра:

1) плотность в г/см³ с помощью денситометра Д-3, погрешностью не более 0,03 г/см³;

2) магнитная восприимчивость в ед. СГСМ с помощью каппаметра ИМВ-2 точностью 0,5 %; значения в 10⁻⁶ ед. СГСМ, затем пересчитывались в единицах СИ по известной формуле (1):

$$\alpha_{\text{сп}} - 4\pi\alpha_{\text{СГС}} \text{ или } \alpha \cdot 10^{-5} \text{ ед. СИ} = 1.256 \alpha \cdot 10^{-6} \quad (1)$$

Значения α в системе СИ показаны в таблице 1.

Статистическая обработка результатов измерений начиналась с группирования образцов по литологическому их составу и одновременно по возрасту представляемой свиты (массива). Статистическая характеристика (среднее, модальное значение, стандарт, коэффициент, вариации и асимметрия), а также гистограммы физических свойств, составлены для комплексов пород, представленных не менее 30-35 образцами. Для групп с числом образцов менее 30 шт. указан только диапазон изменения параметра, т.е. интервал между минимальным и максимальным значениями, гистограмма распределения не строилась. Всего при обработке плотности и магнитной восприимчивости было использовано 1500 образцов по 82 разновидностям пород. Гистограммы распределения параметров строились:

- для плотности с интервалом группирования 0,05 г/см³ линейной шкалы плотности;

- для магнитной восприимчивости шкала распределения логарифмическая ((основание логарифмов 10) с модулем 6,25; разбитой на интервалы 0-2,21; 2,26-4,4; 4,4-9) и т.д.

Таблица 1 – Физические свойства горных пород

Название пород	Возраст Пород	Плотность σ г/см ³	Магнитная восприимчивость, $\times 10^{-6}$ CGSM
Осадочные породы			
Песчаники	C _{1t}	2,61	9
	D ₂₋₃	2,67	16
	O ₂₋₃	2,65	20
Алевролиты	T ₁₋₂	2,63	18
Алевролиты, аргилиты	C _{1t}	2,62	23
Алевролиты	D ₂₋₃	2,56	14
Алевролиты, аргилиты	O ₂₋₃	2,69	21
Алевролиты	v-Є _{1sh}	2,67	35
Аргилиты	D ₂₋₃	2,54	23
Углистые аргилиты	v-Є _{1sh}	2,70	22
Алевропесчаники (железисты)	D ₂₋₃	2,78	18
Алевропесчаники	v-Є _{1sh}	2,76	25
Конгломераты	D ₂₋₃	2,69	13
Известняки	C _{1t}	2,70	8
Известняки	v-Є _{1sh}	2,78	13
Известняки	O ₃	2,89	7
Доломиты	O ₂₋₃	2,89	11
Доломиты	v-Є _{1sh}	2,91	5
Углистые сланцы	v-Є _{1sh}	2,68	27
Глинистые сланцы	v-Є _{1sh}	2,50	25
Филлиты	v-Є _{1sh}	2,69	23
Протерозойский интрузивный комплекс			
Кварцитопесчаники	R _{1-2kk}	2,65	13
Кварциты	R _{1-2kk}	2,74	10
Кварциты	PR _{1-2zr}	2,67	4
Сланцы кварцсерицитовые	R _{1-2kk}	2,69	14
Сланцы хлоритсерицитовые	R _{1-2kk}	2,77	22
Сланцы кристаллические (биотитсерицитовые, кварцмусковитовые)	PR _{1-2zr}	2,73	33
Гнейсы биотитовые	PR _{1-2zr}	2,70	21
Гранито-гнейсы	PR _{1-2zr}	2,68	24
Амфиболиты	PR _{1-2zr}	2,95	41
Метасоматические измененные породы			
Скарны		3,04	467
Березиты		2,81	162
Пропилиты		3,0	54
Грейзены		2,86	22

Результаты группирования сведены в один чертеж, где все гистограммы и условные знаки диапазонов изменения помещены строго друг под другом в одной горизонтальной шкале. Вертикальный масштаб для всех гистограмм выбран одинаковым - 10% в 1 см.

Для групп образцов (более 30 шт.) вычислены статистические параметры: асимметрия, модальное значение, стандарт, коэффициент вариации.

Сведения о геофизических свойствах горных пород – магнитной восприимчивости, плотности приводятся в таблицах 1-2.

Давая в целом характеристику физических свойств горных пород, следует отметить, что по плотности и магнитной восприимчивости, породы имеют довольно узкий предел изменения в одной литологической разновидности. По естественной радиоактивности в целом разновидности пород имеют небольшой предел изменения как фонового значения, так и аномального (10-50 мкр/час). Аномальные значения (не более 70 мкр/час) за исключением интрузий Шоккарагайского комплекса, где наблюдаются повышенные значения, как фонового (до 180 мкр/час), так и аномального до 250 мкр/ час.

По данным Кустанайского ПСЭ (В.Н. Писаренко и другие, 1993 г.) среди интрузивных образований гидротермально-метасоматически изменённых пород наибольшей плотностью и магнитной восприимчивостью обладают габбро и габбро-диориты ($3,08 \text{ г/см}^3$ и $343 \cdot 10^{-5}$ единиц СИ соответственно), наименьшими значениями этих параметров – граниты и гранит-порфиры ($2,64-2,69 \text{ г/см}^3$ и $10-11 \cdot 10^{-5}$ СИ). Существенное увеличение плотности и магнитной восприимчивости отмечается у метасоматитов, в особенности магнетитовых ($3,5 \text{ г/см}^3$ и до $66000 \cdot 10^{-5}$ единиц СИ), что является следствием интенсивных контактово-метасоматических преобразований пород, сопровождавшихся перераспределением и насыщением рудной зоны акцессорными минералами. Существенно высокие значения магнитной восприимчивости и широкий диапазон её изменения у обычно слабых магнитных пород объясняется присутствием и изменчивостью концентраций тонкодисперсного магнетита.

Рассматривая распределение образцов по физсвойствам, можно сделать некоторые методические выводы:

1) Наблюдается распределение плотности и магнитной восприимчивости в растянутом диапазоне. Вероятно, физические константы зависят от многих причин: минерального состава и его изменчивости, степени метаморфизма, степени гипергенеза и т.д.. Учет вариаций всех причин требует специализированных исследований научно-тематического характера и в производственных условиях невозможен;

2) С другой стороны, несмотря на значительные вариации физсвойств, среднестатистические их значения практически совпадают с приведенными в справочной литературе данными [51]. Для всех главных, наиболее распространенных в районе пород физические свойства следует считать уже установленными, при тем, более точно, по большому фактическому материалу. Представляется, что изучение физсвойств главных пород может быть и излишне, оно только подтверждает известные сведения без уточнений и дополнений.

Таблица 2 – Физические свойства горных пород

Название пород	Возраст пород	Плотность σ г/см ³	Магнитная восприимчивость, $\times 10^{-6}$ CYSM	Естественная радиоактивность (гамма-активность) мкр/час	
				Фоновая	Аномальная
1	2	3	4	5	6
Интрузии Шок-Карагайского комплекса					
Шок-Карагайский массив					
Гранит-порфир	$\gamma\pi D_{2-3}ck$	2,6	121	66	83
Граниты порфировидные	$\gamma\pi D_{2-3}ck$	2,7	18	15	58
Гранодиориты биотит роговообманковые	$\gamma\delta D_{2-3}ck$	2,69	37	19	28
Первомайский массив					
Граниты щелочные	$E\gamma D_{2-3}ck$	2,62	27	54	78
Граниты роговообманковые	$\gamma D_{2-3}ck$	2,80	30	51	133
Гранодиориты	$\gamma\delta D_{2-3}ck$	2,75	22	18	30
Интрузии Дальненского комплекса					
Легаевский массив					
Граниты биотитовые лейкократовые	γD_{2d}	2,60	15	21	25
Граниты порфировидные	γD_{2d}	2,62	26		
Гранодиориты	$\gamma\delta D_{2d}$	2,82	22		
Граносиениты	Ed_{2d}	2,61	53		
Лавровский массив					
Граниты биотитовые лейкократовые	γD_{2d}	2,66	8	38	60
Граниты порфировидные	γD_{2d}	2,73	22	75	105
Гранодиориты	$\gamma\delta D_{2d}$	2,77	100	20	35
Диориты	δD_{2d}	2,92	136	15	18
Светловский массив					
Гранодиориты роговообманковые	$\gamma\delta D_{2d}$	2,78	52,6	16	23
Гранодиориты биотитовые	$\gamma\delta D_{2d}$	2,77	158	5	39
Диориты кварцевые	$q\delta D_{2d}$	2,80	17		
Бирлестикский массив					
Граниты биотитовые	γD_{2d}	2,66	90		
Граниты роговообманковые	γD_{2d}	2,76	167	20	29
Гранодиориты биотитовые	$\gamma\delta D_{2d}$	2,75	160	19	28
Интрузии Боровского комплекса					
Широтный массив					
Граниты биотитовые лейкократовые	γS_{2-D1b}	2,62	11	23	37
Граниты роговообманковые	γS_{2-D1b}	2,73	13	26	31
Интрузии зерендинского комплекса					
Антоновский массив					
Граниты биотитовые роговообманковые лейкократовые	γS_{1z}	2,67	270	21	31

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Граниты роговообманковые	γS_{1z}	2,67	31	21	31
Граниты порфировидные	γS_{1z}	2,76	110	18	34
Гранодиориты	$\gamma \delta S_{1z}$	2,79	600	20	26
Диориты кварцевые	$q \delta S_{1z}$	2,87	234	24	29
Карасевский массив					
Граниты лейкократовые	γS_{1z}	2,64	12	24	32
Граниты порфировидные с прожилками сульфидов	γS_{1z}	2,66	400		
Граниты биотитовые роговообманковые	γS_{1z}	2,67	53	25	33
Граниты роговообманковые	γS_{1z}	2,67	134	25	33
Гранодиориты	$\gamma \delta S_{1z}$	2,77	132	19	28
Диориты	δS_{1z}	2,91	70	17	21
Граниты биотитовые лейкократовые	γS_{1z}	2,66	212	20	32
Гранодиориты	$\gamma \delta S_{1z}$	2,75	120	46	63
Диориты кварцевые	$q \delta S_{1z}$	2,88	1130	28	44
Даукаринский, Ольгинский, Колдарский					
Гранодиориты	$\gamma \delta S_{1z}$	2,76	106	34	39
Граниты биотитовые, роговообманковые	γS_{1z}	2,66	20	40	47
Диориты кварцевые	$q \delta S_{1z}$	2,84	43	10	17
Изверженные породы					
Андезитовые порфириты	O_3	2,85	30		
Базальтовые порфириты	O_3	2,85	23		
Диабазовые порфириты	O_{2-3}	2,95	2153		
Туфы андезитового состава	O_3	2,80	42		
Дайки					
Габбро	$v \epsilon_3$	2,95	1700		
Габбродиорит, габбродиабаз	$v \epsilon_3$	2,94	57		
Диабаз	$v \epsilon_3$	2,84	1035		
Микрогранит порфировидный		2,68	21		
Микродиабазовые порфириты		2,89	1180		

Исключение составляет изучение изменения физсвойств под воздействием конкретного геологического процесса;

3) Во всех случаях, изучение физсвойств не может быть самостоятельной задачей, а должно быть увязано с анализом наблюдаемых геофизических полей, в противном случае возможны крупные методические ошибки.

Например, средняя плотность образцов гранитов Лавровского массива равна $2,66 \text{ г/см}^3$, почти соизмеримо с плотностью вмещающих пород. Однако, аномалия силы тяжести над массивом глубоко отрицательна и очень контрастная. Видимо истинная плотность гранитов гораздо ниже ($2,58 \sim 2,60 \text{ г/см}^3$).

Геофизические поля. В магнитном поле хорошо проявлены интрузии гранодиоритового и диоритового состава, которые заметно отличаются по

своим физическим характеристикам от вмещающей среды. Кислые разновидности интрузивных пород в магнитном поле не отражаются (рисунок 5).

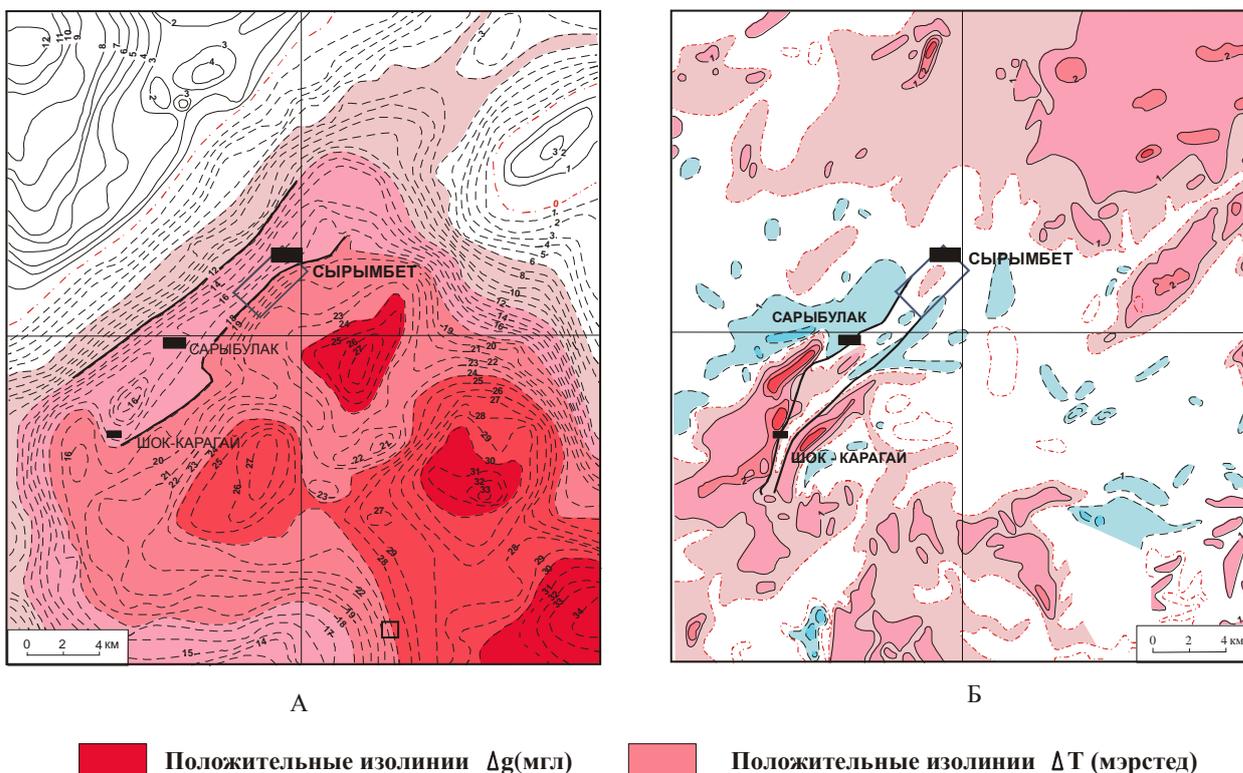


Рисунок 5 – Карты гравитационного (А) и магнитного (Б) полей Сырымбетского рудного поля

В геологическом строении участка основное место занимают эффузивы кайдаульской свиты, представленные кварцевыми порфирами и их туфами. В магнитном поле эффузивные образования характеризуются спокойным отрицательным полем в центральной и северной части района, и повышенным, сильно дифференцированным, в южной части. Объясняется это, с одной стороны, общим погружением пород фундамента к северу и приподнятостью на юге, с другой стороны в южной части широко развита разрывная тектоника, которая часто сопровождается процессами гидротермальных изменений, несущих магнетитовую и гематитовую минерализацию.

В гравитационном поле кварцевые порфиры и их туфы отличаются спокойным характером, локализуясь на юге в пониженную аномальную зону.

В северо-восточной части участка картируется небольшое тело гранит-порфиров среднедевонского возраста; в магнитном поле они имеют более спокойный характер по сравнению с эффузивами. Повышенные значения магнитного поля (до +700 гамм) в южной части массива гранит порфиров вызвано гидротермальными изменениями пород, развитыми вдоль тектонического контакта с кварцевыми порфирами. В гравитационном поле гранит-порфиры не выделяются.

На северо-западе участка развиты метаморфизованные образования кокчетавской свиты, представленные слюдисто-кварцевыми и кварцитовидными песчаниками, алевролитами и серицит-кварцевыми микросланцами. Породы характеризуются спокойным магнитным полем интенсивностью -240 гамм и менее, что объясняется их слабой магнитной восприимчивостью. В то же время гравитационное поле отличается общим ростом его интенсивности, что возможно объясняется влиянием более плотных подстилающих пород.

Узкими локальными зонами магнитного и гравитационного полей и их резкими градиентами характеризуется широко развитая на участке разрывная тектоника.

Зоны гидротермально измененных пород за счет обогащенности магнетитом и гематитом четко выделяются положительными магнитными аномалиями интенсивностью до 750 гамм.

Проявления *оловянной минерализации*, фиксируются узкими отрицательными магнитными и гравитационными полями, так как в магнитном поле интрузии гранит-порфиров, с которыми связаны оловорудные проявления, выражены мелкими, овальной формы отрицательными магнитными полями, вытянутыми согласно с тектонической зоной в северо-восточном направлении. В гравитационном поле оловоносная зона расположена в северо-западном контакте крупной отрицательной аномалии, в пределах которой оловорудные проявления расположены вдоль пониженных значений Δg , контуры которых резко выделяются из общего спокойного рисунка контактового гравитационного поля.

По данным наземных геофизических съемок *редкоземельноносные площади* оконтуриваются локальными положительными – до 400 нТл, значениями магнитного поля, положительными значениями гравитационного поля, причем в обоих случаях связанные с гранитоидами субвулканического типа.

Поле гамма-излучений. Наблюдения на дневной поверхности показывают, что по участку Шок-Карагай повсеместно распространены зоны повышенных значений гамма-активности 300 мкР/ч, пространственно соответствующие местам развития кор выветривания. С такой же амплитудой значения гамма-поля наблюдаются над коренными выходами, но по краям контура участка (рисунок 6), что подтверждается в дальнейшем информацией полученной по результатам гамма-каротажа.

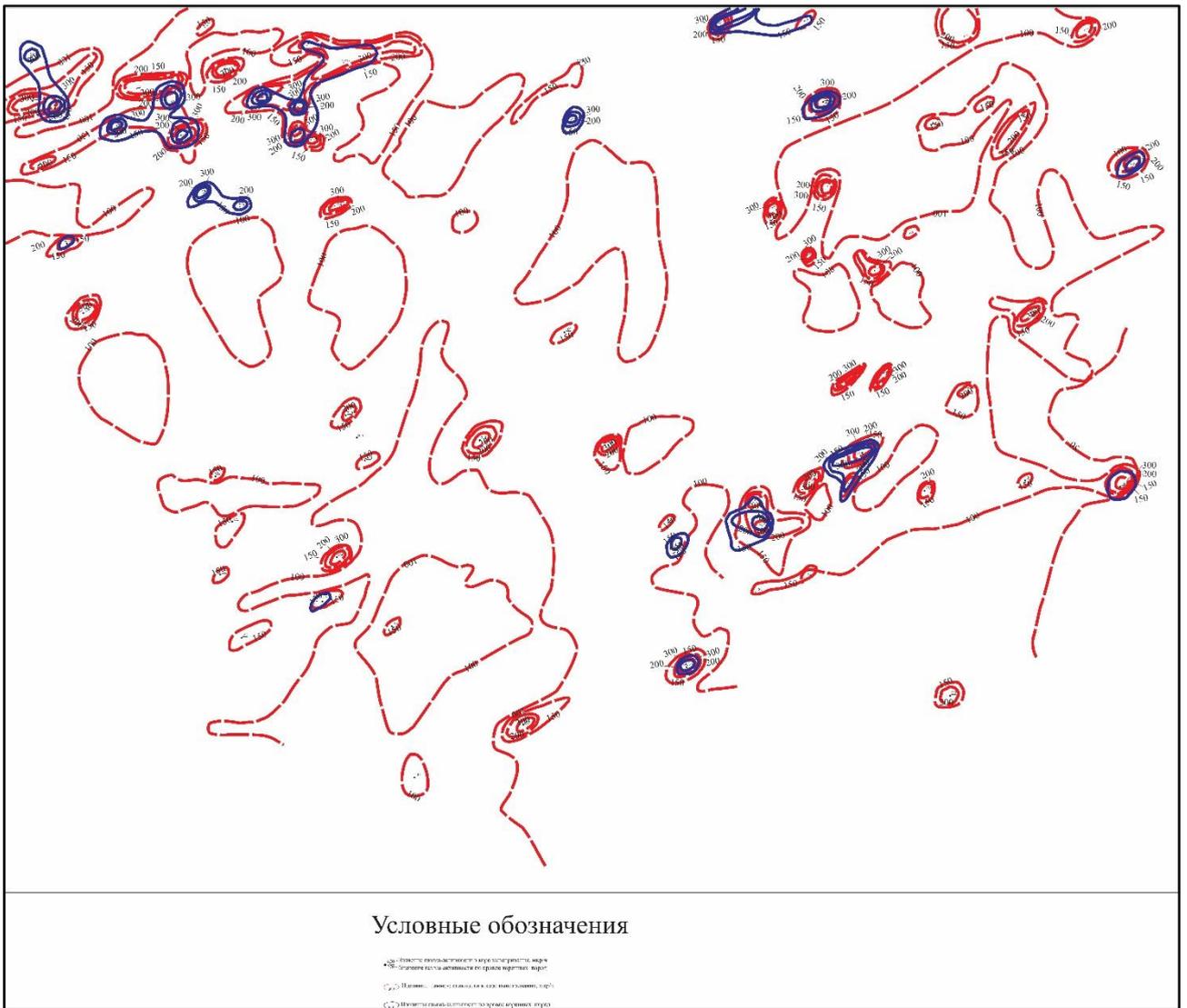


Рисунок 6 – Карта гамма-активности

3 МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ШОК-КАРАГАЙ

3.1 Методика исследования редкоземельной минерализации

Минералы редкоземельных элементов. Известно около 70 собственных минералов РЗЭ, относящихся к классам фосфатов, карбонатов, оксидов, фторидов, силикатов, сульфидов и боратов [52-67]. Особую группу составляют вольфраматы редких земель – иттротунгсит и арсенаты – ретциан, которые встречаются очень редко и практически не изучены. Большая часть собственных минералов РЗЭ приурочена к пегматитам и гидротермалитам, а также корам выветривания. Кроме того, редкие земли входят в состав около 280 минералов как примеси. По составу РЗЭ минералы разделяются на группы: цериевую (бастнезит, паризит, лопарит, монацит, кнопит, эвдиалит, Се фергюсонит и др.); гадолиниевую (самарскит и др.); иттриевую (эвксенит, ксенотим, иттриалит и др.); иттрий-иттербиевую (фергюсонит и др.), комплексную (ортит, пирохлор, гадолинит, апатит, сфен и др.). Лёгкие лантаноиды часто накапливаются в полевых шпатах, а тяжёлые – в темноцветных минералах.

Основными минералами являются: бастнезит, монацит, ксенотим, паризит, черчит, рабдофанит, эвксенит, лопарит, бритолит и др. Основной скандиевый минерал – тортвейтит. К минералам которые используются в промышленности относятся следующие собственные минералы РЗЭ: *фосфаты*: ксенотим – YPO_4 ; монацит – $CePO_4$; рабдофанит – $(Ce, Y)PO_4 \cdot H_2O$; черчит – $(Y, Ce)PO_4 \cdot 2H_2O$; *карбонаты*: бастнезит – $Ce[CO_3] \cdot F$; паризит – $Ce_2Ca(CO_3)_3 \cdot F_2$; *оксиды*: браннерит – $(U, Ca, Fe, Y, Th)_3 \cdot Ti_5O_{16}$; кнопит – $(Ca, Ce) \cdot (Ti, Fe)O_3$; лопарит – $(Na, Ce, Ca \dots) \cdot (Nb, Ti)O_3$; пирохлор – $(Na, Ca, Ce \dots) \cdot (Nb, Ti \dots)_2 \cdot O_6 \cdot (F, OH)$; приорит – $(Y, Er, Ca, Th) \cdot (Ti, Nb)_2O_6$; самарскит – $(Y, Er, Ce)_4 \cdot (Nb, Ta)_6 \cdot O_{21}$; фергюсонит – $(Y, Er, Ce \dots) \cdot (Nb, Ta, Ti)O_4$; эвксенит – $(Y, Ce, Ca \dots) \cdot (Nb, Ta, Ti)_2O_6$; *фториды*: иттросинхизит – $(Ca, Y) \cdot (CO_3)F$; иттрофлюорит – $(Ca, Y) \cdot F_{2-3}$; *силикаты*: гадолинит – $(Y, Ce)_2FeBe_2(Si_2O_{10})$; иттриалит – $(Y, Th)_2 \cdot (Si_2O_7)$; ортит – $(Ca, Ce, Y)(AlFe)_3Si_3O_{12} (O, OH)$; эвдиалит – $(Ce, Y, Ca)_4 FeZr (Si_6O_{18}) (Cl, OH)$.

Главными минералами-концентраторами, куда могут входить РЗЭ в качестве изоморфной примеси являются:

- для лантана – монацит, ортит, флюоцерит, нордит, лопарит, галлуазит, рабдофанит, герасимковит;
- для церия – апатит, лопарит, пирохлор, циркон;
- для самария – эвдиалит, уранинит, циркелит, браннерит, шеелит, апатит, сфен;
- для европия – лимонит, апатит, циркон, эвдиалит;
- для гадолия – эвдиалит, флюорит;
- для диспрозия – торит, циркон, галенит, уранинит;
- для гольмия – торит, циркон, галенит, уранинит;
- для эрбия – эпидот, циркон;
- для тулия – эпидот;

- для *иттербия* – циркон, тортвейтит, гранаты.

При разрушении коренных пород в экзогенном процессе часть минералов редких земель, преимущественно оксидов и безводных фосфатов, сохраняются и могут формировать россыпи (монацит, ксенотим, лопарит, эвксенит, самарскит, фергюсонит, флоренсит, ортит). Однако большинство минералов, в первую очередь силикаты, безводные карбонаты, фториды и пр. (гадолинит, ринколит, бербанкит, гагаринит), оказываются неустойчивыми и переходят либо в водные карбонаты и фосфаты (калкинсит, тенгерит, рабдофанит, черчит, церианит), либо в редкоземельные коллоиды (вудьяврит), либо гидратируются (гидробритолит, гидрорабдофанит, гидроринколит). Наиболее характерными минеральными формами замещения первичных минералов РЗЭ являются: *рабдофанит* – замещает беловит, монацит, стенструпин, ринколит, карнасуртит, бастнезит, бритолит; *черчит* – ксенотим; *лантанит* – церит, ортит, бастнезит; *калкинсит* – бербанкит; *тенгерит* – гадолинит, гагаринит, иттриалит, гелландит; *бастнезит* – паризит, хуанхит, ортит, чевкинит, гадолинит, таленит, бритолит; *церианит* – бастнезит, бритолит; *лейкоксен* – эвксенит, лопарит, давидит, чевкинит; *вудьяврит* – ринколит.

По технологическим особенностям извлечения минерального сырья редкоземельные руды можно разделить на такие типы:

- 1) с минералами цериевой группы (монацит, бастнезит и др.);
- 2) с минералами иттриевой группы (ксенотим, поликраз и др.);
- 3) с минералами РЗЭ обеих групп (иттропаризит и др.);
- 4) с минералами, в состав которых наряду с РЗЭ входят другие редкие элементы (лопарит и др.);
- 5) комплексные, в состав которых наряду с РЗЭ входят и другие полезные ископаемые (иттропаризитовая руда).

Проблема кор выветривания, несущих редкоземельную нагрузку, не решается также без разработки технологий обогащения. Уже существующие технологии в настоящее время представляют собой коммерческую тайну и в условиях рынка имеют весьма высокую стоимость. Задача может быть решена, если будут выяснены формы нахождения РЗЭ в глинистом субстрате: в адсорбции, или в химических связях, и каких именно (с кремнием, алюминием, кислородом или в некоторых комбинациях). Ответы на эти вопросы подводят к управлению такими связями до стадии разрыва, что составляет основной момент процесса обогащения. Решение такого рода задач обычно в круге методов Раман-спектроскопии, ЭПР- и ЯМР- методов. Такая аналитика в пределах доступности имеется. Намеченные аспекты исследований определяют новый этап развития отрасли как по вовлечению сравнительно бедных видов сырья на РЗЭ в эксплуатацию, так и по методам исследований.

Основной вид анализа в методах поисков – полуколичественный спектральный – резко недостаточен в применении к РЗЭ. Нейтронно-активационные методы существенно расширяют возможности данного направления, хотя и не могут быть универсальными и исчерпывающими.

Редкоземельная минерализация на месторождении Шок-Карагай исследована следующими методами:

1. *Спектральный анализ.* Пробы, отобранные из кор выветривания обозначенных участков, после соответствующей пробоподготовки были отданы на спектральный анализ, с целью определения в них концентраций редкоземельных и других элементов, сопутствующих редкоземельной минерализации. По всем участкам проанализировано около 2000 проб на 35 элементов, среди которых 15 редкоземельных элементов (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Y, Cd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu).

2. *Рентгено-структурный анализ.* Поскольку объектами исследования являются коры выветривания, то отобранные из них пробы в основном представлены рыхлым и сыпучим материалом. В связи с этим использовался рентгено-структурный анализ для определения минеральных фаз, присутствующих в пробах.

3. *Рентгеноспектральный микроанализ.* Для поиска и определения микровключений редкоземельных минералов, как в коренных, так и в концентратах (шлихах) использовался рентгеноспектральный микроанализ (микрозонд марки JEOL-733, Япония).

4. Первичная редкоземельная минерализация изучалась по изготовленным в шлифовальной мастерской *анилифам* и *шлифам*. Образцы для последних были отобраны из скважин, вошедших в коренные образования. Кроме того, были изучены ряд цементированных полированных шлифов из различных фракций шлихового анализа, для контроля сходимости.

5. *Шлиховой метод* изучения минерального состава кор выветривания является наиболее важным. Для этой цели были отобраны исходные шлиховые пробы различного веса из скважин, характеризующие в целом выделенные участки. Механическая обработка шлиховых проб осуществлялась по следующей схеме: взвешивание → просеивание → крупный класс > 2,00 мм - < 0,16 мм → отмучивание → промывание на концентрационном столе СКО-05 → шлам на спектральный анализ → глинистая и промежуточная фракция на дубликат → концентрат (шлих) → высушивание. Все полученные фракции высушивались при температуре 105° в муфельной печи.

Кусковые пробы из коренных пород дробились в дробильно-сократительном агрегате ДСА от 5,0 мм до 0,1 мм. Минеральный состав крупного класса > 5,0 мм изучался визуально. Полученные концентраты (шлих) взвешивались и разделялись в тяжелой жидкости (бромформ с уд. в. 2,9). Легкая и тяжелая фракции промывались спиртом и высушивались. Тяжелая фракция подвергалась магнитной и электромагнитной сепарациям, с выделением магнитной, электромагнитной и немагнитной фракций. Все фракции взвешивались на весах. Минеральный состав всех фракций изучен под бинокуляром с применением следующих методов: капельно-микрхимический, оптический – изучение в иммерсионных жидкостях под микроскопом, моноспектральный анализ, микрозондовый, люминесцентный в катодных и ультрафиолетовых лучах, рентгенофазовый.

3.2 Минеральный состав коренных пород месторождения Шок-Карагай

На участках месторождения Шок-Карагай были проведены буровые работы в пределах известного контура и за его пределами, непосредственно с нашим участием. Для выполнения буровых работ был заключён Договор №7-КА с ТОО «Кокше-Ар».

Перед буровыми работами были поставлены следующие задачи:

1. Заверка результатов работ Экспедиции № 92 ПГО «Степгеология» на участке Шок-Карагай (скважины №№ 7004, 7005, 7007, 7008);
2. Возможности наращивания запасов редких земель за счёт прослеживания рудных тел по простиранию (скв. №№ 7001, 7003, 7006);
3. Заверка бурением минерализованных зон, картируемых на поверхности (скв. 7002) (рисунок 7).



Рисунок 7 – Проведение буровых работ на участке Шок-Карагай. Скважина № 7002

Для решения поставленной задачи (рисунок 8):

- скважины №№ 7004, 7005 были заданы в пределах известных рудных тел на месте скважин №№ 56373, 56791, по которым у нас имелись результаты предшественников, определения ΣTR ;

- скважины №№ 7007, 7008 также пробурены в пределах наиболее крупных редкоземельных залежей;

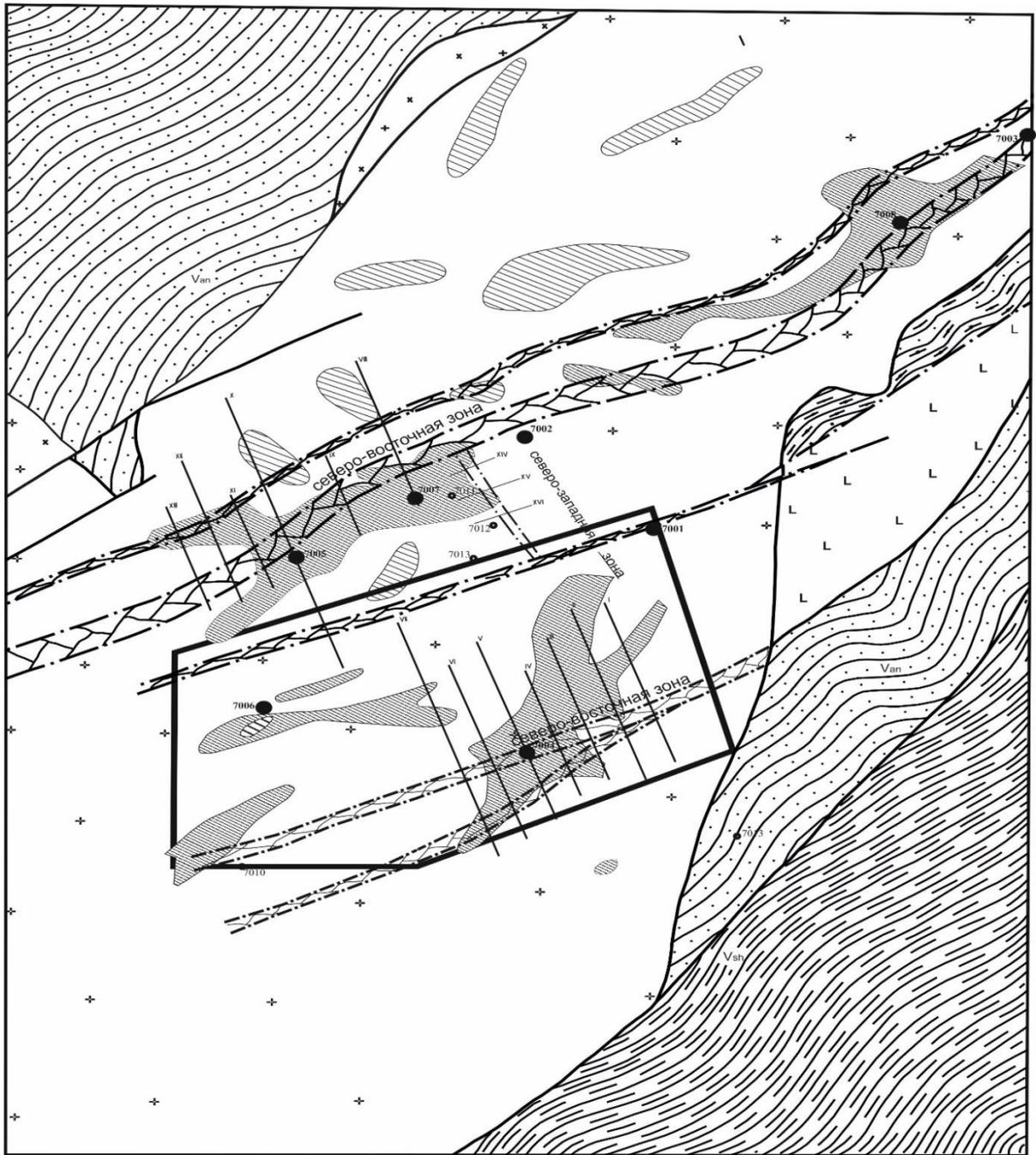
- скважины №№ 7001, 7003, 7006 заданы по простиранию известных рудных тел с целью определения возможности их продолжения.

Геологический разрез по скважинам был следующим:

- почвенно-растительный слой до 1 м;

- покровные темнокоричневые глины до 3-4 м;

- кора выветривания по гранито-гнейсам и гранито-порфирам до 40 м.



Q_2lb	Люботинская свита. Песчаники, алевролиты, кремнистые алевролиты		Зона брекчирования катаклаза
Van	Андреевская свита. Кварцевые песчаники, кварциты		Разрывные нарушения.
Vsh	Шарыкская свита. Углисто-глинистые, глинистые сланцы.		Разрывные нарушения по данным дешифрирования аэрофотосъемки.
$\gamma\pi D_2$	Гранит-порфиры.		Контур участка работ.
$\gamma\sigma S$	Гранодiorиты.		Поисковые скважины 2013 г.
$\mu\beta S_1$	Базальты, диабазы.		Точка наблюдения.
$\lambda\pi D_2$	Фельзит-порфиры.		Рудные залежи в коре выветривания в изолинии $0,07\% \sum Y_8 + Z_8 + Y_7 + Y_6$.

Рисунок 8 – Геологическая карта палеозойского фундамента. Редкоземельное месторождение Шок-Карагай. Масштаб 1:25 000

Минеральный состав первичных руд в коренных породах месторождения Шок-Карагай по данным изучения образцов и протолочек. В таблице 3 приведен минеральный состав первичных руд, полученный по результатам изучения протолочек и образцов, отобранных из пробуренных скважин из коренных пород [68, 69].

Таблица 3 – Минеральный состав первичных руд месторождения Шок-Карагай

Минералы редких металлов		Минералы редкоземельных элементов		Редкие и аксессуарные минералы
Основные	Второстепенные	Основные	Второстепенные	
Тантало-колумбит Касситерит Вольфрамит	Ильменорутит	Монацит	Паризит Торит Оранжит	Ильменит Магнетит Титаномагнетит Циркон Гематит Пирит Халькопирит Арсенопирит Рутил Галенит Хромшпинелиды
Нерудные				
Основные	Второстепенные	Редкие и аксессуарные Минералы		
Кварц Хлорит Слюды КПШ	Турмалин Гранат Амфибол Эпидот-цоизит Разновидности хлоритовых слюд	Сфен Апатит Флюорит Шпинель Кианит Силлиманит		
Примечание: гипергенные – окислы марганца				

По результатам изучения протолочек среди редких металлов основными являются тантало-колумбит, касситерит, вольфрамит. К второстепенным отнесен ильменорутит. Среди редкоземельных минералов основным является монацит, к второстепенным отнесен паризит и радиоактивные минералы – торит, оранжит. Остальные отнесены к числу редких и аксессуарных. Среди нерудных минералов распространены кварц, хлорит, слюды, КПШ, остальные второстепенные, редкие и аксессуарные. К числу гипергенных отнесены окислы марганца.

Минералы титан, ниобия и тантала. Ильменорутит встречается в подчиненном количестве в сравнении с рутилом и лейкоксом. Минерал отмечается в окварцованных и серицитизированных гранит-порфирах (скважина под номером 7002) в тесном срастании с рутилом. Ильменорутит удлиненной, неправильной формы (0,01×0,02 мм). В его составе кроме ниобия в подчиненном количестве присутствует тантал, а также вольфрам (таблица 4). На рисунке ильменорутит, неоднородный, по-видимому состоит из двух фаз

рутила и ильменорутила (рисунок 9). Светлые включения очень мелкие редкие земли. Размер их 0,005-0,01 мм до 0,02×0,05 мм. В таких скоплениях иногда отмечаются сростки этих минералов с цирконом (0,02-0,04 мм). РЗЭ могут входить в качестве изоморфной примеси в ильменорутил.

Таблица 4 – Состав ильменорутила по данным микрозондового анализа (%)

№ анш.	Элементы									Сумма
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	WO ₃	
7002/16 Ан. 1	0,47	1,56	0,15	88,52	0,11	1,33	1,73	0,18	1,23	95,28
7002/16 Ан. 2	0,21	0,42	0,06	86,17	0,19	2,27	1,61	0,58	4,30	95,81

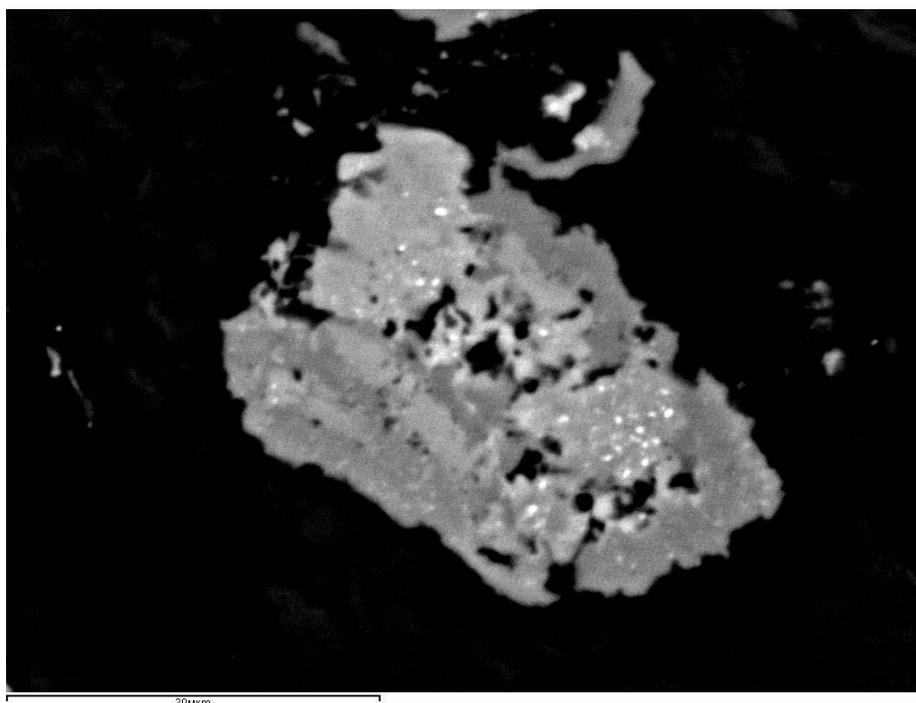


Рисунок 9 – Ильменорутил в тесном сростании с рутилом и редкими землями (белое точечное). Анш. 7002/16

Рутил, присутствующий в виде неравномерной, редкой вкрапленности в серицитизированных гранит-порфирах и взрывной брекчии содержит в своем составе ниобий в количестве от 3,21 до 3,55 % (таблица 5). Известен танталистый рутил – стрюверит, а также ниобоанатаз. Размер зерен рутила от 0,005 до 0,05 мм.

Таблица 5 – Состав рутила по данным микрозондового анализа (%)

№ аншлифа	Элементы				Сумма
	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	
7010 Ан.3	0,61	93,03	1,18	3,55	98,36
7010 Ан.4	0,64	92,40	1,10	3,21	97,34

Нередко рутил встречается в сростании с другим титансодержащим минералом, с более низкой отражательной способностью. Оба минерала встречаются как в виде редких отдельных вкраплений размером 0,005-0,05 мм, так и в сростании друг с другом в виде выделений и скоплений размером от 0,1мм до 0,3×0,45 мм. Состав титанистого минерала приведен ниже (таблица 6). В качестве примеси содержит Nb₂O₅ – 0,86 %.

Таблица 6 – Состав титанистого минерала по данным микрозондового анализа (%)

№ анш.	Элементы							Сумма
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	
7003/22	0,71	2,16	0,22	0,12	69,08	17,24	0,86	90,38

Следует отметить, что рутил и ильменорутил находятся в тесной ассоциации с цирконом и в местах скопления их могут быть найдены редкоземельные минералы (рисунок 10). Кроме того, рутил и ильменит отмечаются в слюде (рисунок 11). Присутствие Nb₂O₅ в рутиле, который достаточно распространен, может свидетельствовать о вхождении в него РЗЭ в качестве изоморфной примеси.

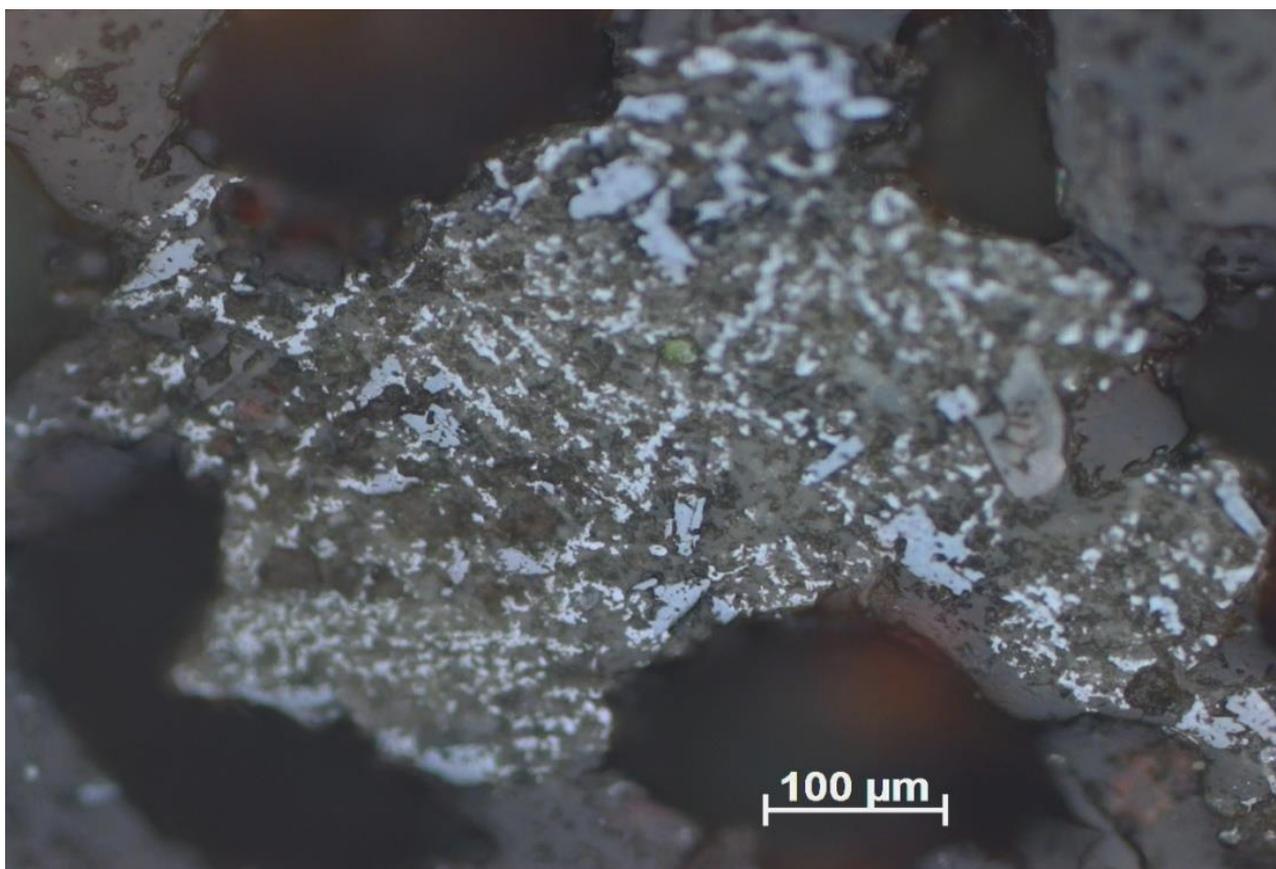


Рисунок 10 – Скопление зерен рутила, ильменорутила и циркона



Рисунок 11 – Рутил и ильменит в слюде

Лейкоксен – редкие выделения и скопления размером 0,01-0,03 мм до 0,07×0,1 мм. Отмечается лейкоксенизация рутила и ильменита.

Гематит, магнетит, ильменит и титаномагнетит – рудные минералы образуют редкую неравномерную мелкую вкрапленность в массе вмещающих редкоземельное оруденение породах.

Гематит – от редких отдельных зерен в массе породы до неравномерной вкрапленности. Размер зерен 0,02-0,05 мм до выделений неправильной формы размером 0,1×0,2 мм. Кое-где гематит корродируется гидроксидами железа.

Магнетит – крайне редкие зерна в массе породы – 0,02 мм.

Титаномагнетит – редкие зерна размером 0,02-0,07 мм, по отношению к ильмениту в подчиненном количестве. В титаномагнетите отчетливо наблюдается решетчатая структура. Отмечаются сростки ильменита и титаномагнетита.

Ильменит – от единичных мелких зерен в массе породы (0,01-0,05 мм), до мелкой неравномерной вкрапленности, иногда скоплений размером 0,3×0,4 мм и в виде агрегатов до 0,2×0,7 мм. Форма зерен неправильная, удлиненная, удлиненно-таблитчатая. Микрондовый анализ одного зерна ильменита показал в нем примеси ниобия – 0,35 % (таблица 7). Отмечаются сростки ильменита с рутилом, цирконом и редко с магнетитом. Наблюдается лейкоксенизация ильменита. Рудные минералы в виде скоплений встречаются в гнездах биотита. Ильменит также относится к числу минералов, куда РЗЭ могут входить в качестве изоморфной примеси.

Таблица 7 – Состав ильменита по данным микрозондового анализа (%)

№ анш.	Элементы						Сумма
	SiO ₂	K ₂ O	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	
7005/14	0,33	0,15	58,34	2,31	31,51	0,35	92,99

Гидроксиды железа – отмечаются по трещинкам в массе породы. Среди гидроксидов железа встречен пластинчатой формы голубоватый минерал (0,005×0,03 и 0,01×0,03 мм). Его состав приведен ниже (таблица 8).

Таблица 8 – Состав пластинчатого голубоватого минерала по данным микрозондового анализа (%)

№ аншлифа	Элементы				Сумма
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	Fe ₂ O ₃	
7014	0,37	27,90	0,20	64,12	92,59

Циркон – как аксессуарный минерал присутствует в виде единичных или крайне редких вкраплений в гранит-порфирах и содержит в составе гафния – 0,48-0,93 % (таблица 9). Нередко зерна циркона имеют зональное строение. Размер зерен циркона от 0,02 до 0,2×0,3 мм. Отмечается также среди ильменита. Циркон может содержать РЗЭ в качестве изоморфной примеси.

Таблица 9 – Состав циркона по данным микрозондового анализа (%)

№ аншлифа	Элементы			Сумма
	SiO ₂	ZrO ₂	HfO ₂	
7002/16	30,36	68,46	0,48	99,30
7006/8 Ан. 1	31,38	69,28	0,67	101,33
Ан. 2	31,25	68,40	0,93	100,58

Пирит – единичные зерна в массе породы, размером до 0,05 мм.

Кроме того, за пределами участка Шок-Карагай в пробе 7 был найден *колумбит* (рисунок 8), состав которого приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Состав колумбита (%)

№ образца	Элементы									
	Al ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	WO ₃	ThO ₂	Сумма
4 Ан.1	1,19	1,16	2,47	2,01	18,65	60,44	7,32	3,61	3,16	100,00

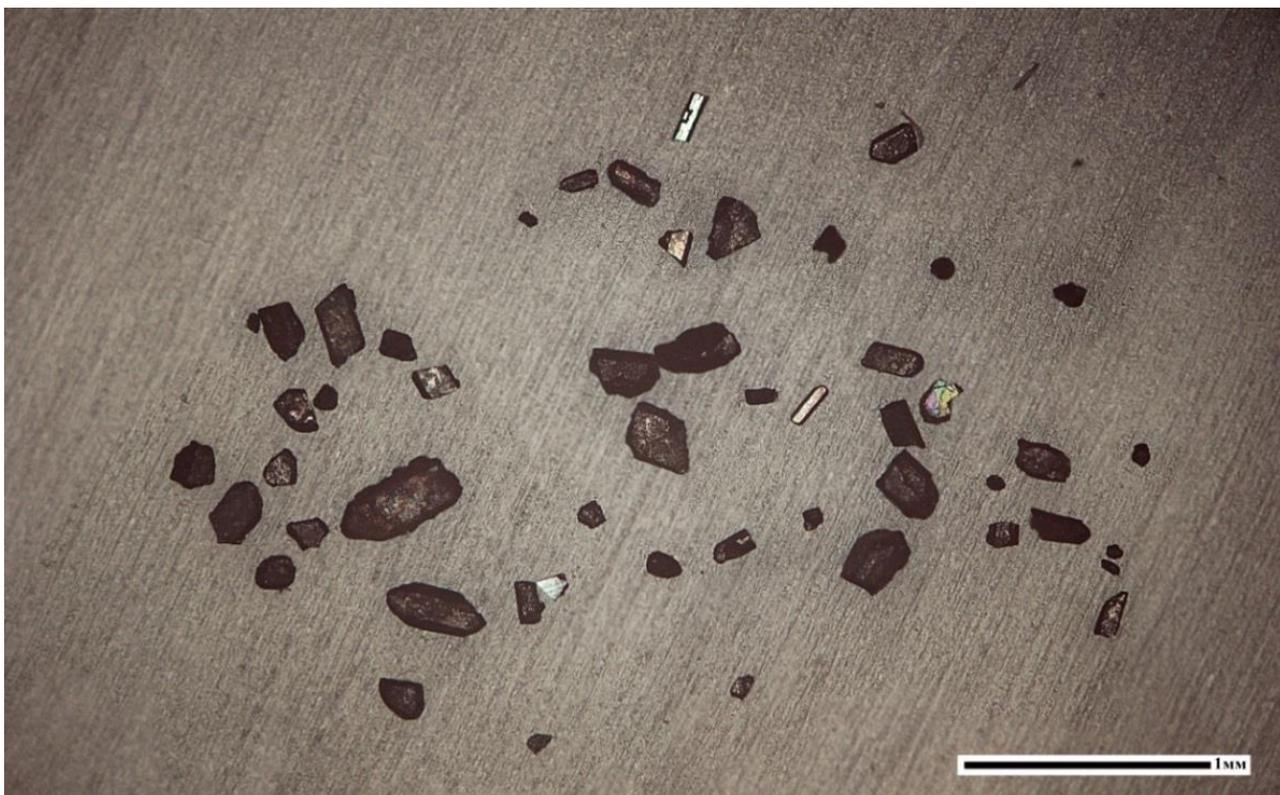


Рисунок 12 – Зерна колумбита. Проба № 7

Изучение минералов коренных пород привели к следующим заключениям:

1) Из минералов группы ниобия и тантала найден ильменорутил, находящийся в тесном сростании с рутилом. В его составе кроме ниобия в подчиненном количестве присутствует тантал, а также вольфрам.

2) Рутил, присутствующий в виде неравномерной, редкой вкрапленности в гранит-порфирах серицитизированных и взрывной брекчии содержит в своем составе ниобий в количестве от 3 до 3,5 %. Кроме того, в составе другого титанистого минерала содержится также ниобий – 0,86%.

3) Рудные минералы гематит, магнетит, ильменит и титаномагнетит как акцессорные образуют редкую неравномерную мелкую вкрапленность в массе вмещающих редкоземельное оруденение породах. Микронзондовый анализ одного зерна ильменита показал в нем примеси ниобия – 0,35 %.

4) Циркон как акцессорный минерал присутствует в виде редких вкраплений в гранит-порфирах и содержит в составе гафния – 0,48-0,93 %.

5) Следует отметить, что рутил и ильменорутил находятся в тесной ассоциации с цирконом и в местах скопления их могут быть найдены редкоземельные минералы.

6) Из минералов РЗЭ определены монацит в гранит-порфире, силикоарабдофанит в взрывно-гидротермальной брекчии и в кремнистой массе, иттриевый паризит в гранит-порфире, торит и его разновидность – оранжит в коренных породах.

3.3 Минеральный состав руд коры выветривания месторождения Шок-Карагай

По результатам изучения шлиховых проб (скважины 7002/8, 7003/13, 7004/6, 7005/7, 7006/4, 7007/5, 7008/3, 7008/12), отобранных из скважин в коре выветривания участков месторождения Шок-Карагай, основными редкометалльными минералами являются касситерит и вольфрамит, второстепенными – ильменорутил. Среди редкоземельных минералов основным является монацит и второстепенным – паризит, остальные минералы являются редкими и акцессорными (таблица 11). Среди нерудных минералов распространены кварц, альбит, серицит, остальные второстепенные, редкие и акцессорные.

Таблица 11 – Минеральный состав руд коры выветривания месторождения Шок-Карагай

Минералы редких металлов		Минералы редкоземельных элементов		Редкие и акцессорные минералы
Основные	Второстепенные	Основные	Второстепенные	
Касситерит Вольфрамит	Ильменорутил	Монацит	Паризит	Магнетит Титаномагнетит Гематит Циркон Рутил Анализ Пирит
Нерудные				
Основные		Второстепенные		Редкие и акцессорные Минералы
Кварц Альбит Серицит		Турмалин Амфибол Пироксен Хлорит Эпидот-цоизит		Сфен Кианит Силлиманит
Примечание: гипергенные – лейкоксен, гетит, гидрогетит, окислы марганца, железистые охры, барит, глины (каолинит)				

Содержание редкоземельных элементов в рудах коры выветривания. Элементы группы редких земель являются одними из наиболее распространенных в данном районе. При производстве полуколичественных спектральных анализов определялось содержание иттрия, церия и лантана. При наличии повышенных концентраций этих элементов производилась расшифровка суммы редких земель. При этом в том или ином количестве, обычно незначительном ($n10^{-4}$), было установлено присутствие европия, гадолиния, диспрозия, гольмия.

По данным спектрального полуколичественного анализа, как в пределах контура участка, так и за его пределами установлены редкоземельные элементы, со значительным преобладанием легких лантаноидов: 1) цериевого ряда – La,

Ce, Pr, Nd, Sm, Eu; и 2) иттриевого ряда – Y, Cd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu. Результаты по 94 пробам приведены в сводной таблице 12. Подсчитаны средние содержания редкоземельных элементов, также показано суммарное количество редкоземельных элементов по каждой скважине и в среднем по участку, с выделением цериевого и иттриевого ряда. В среднем по участку Шок-Карагай сумма цериевого ряда составляет – 3738 г/т, а иттриевого – 954 г/т, т.е. преобладание первого над вторым почти в 4 раза. Это можно объяснить значительным преобладанием Pr и Nd в этом ряду. Средние содержания Pr по скважинам колеблются от 0 до 7000 г/т, составляя в среднем 1718 г/т и Nd от 1000 до 300 г/т, составляя в среднем 1508 г/т.

Если говорить о других редкоземельных элементах, то средние концентрации их по скважинам колеблются, г/т: La (43-200, в среднем 134), Ce (57-206, в среднем 116), Sm (100-300, в среднем 225), Eu (22-100, в среднем 37); в иттриевом ряду – Y (31-106, в среднем 69), Gd (100-200, в среднем 125), Tb (100-200, в среднем 159), Dy (0-300, в среднем 254), Ho (0-20, в среднем 17), Er (0-364, в среднем 274), Tm (0,28-0,85, в среднем 0,58), Yb (2,2-39, в среднем 17), Lu (0- 200, в среднем 38).

В таблице №13 приведены результаты химического анализа четырех проб из скважин, пробуренных по коре выветривания участка Шок-Карагай в сопоставлении со спектральными данными. Химический анализ был выполнен в Институте геологических наук. Здесь следует отметить, что раньше химические анализы на присутствие РЗЭ не выполнялись, из-за сложности их методики и это первый опыт. Результаты полуколичественного спектрального анализа и химического отличаются.

В коре выветривания, также как и в коренных породах, легкие лантаноиды значительно преобладают над тяжелыми. В составе собственно редкоземельных минералов (монацит, силикорабдофанит, паризит) также преобладают легкие лантаноиды и присутствуют радиоактивные торий и уран. Изоморфные примеси редких земель определены в цирконах, слюдах и ортите, но они также могут присутствовать в основных редкометалльных, породообразующих и акцессорных минералах.

Таблица 12 – Содержание редкоземельных элементов в коре выветривания участка Шок-Карагай по результатам полуколичественного спектрального анализа, в г/т

№ пробы	Σ TR	Элементы цериевого ряда (легкие)						Элементы иттриевого ряда (тяжелые)								
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Y	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Скважина 7000 (1 проба)																
7000	3677	200	150	1000	1000	300	30	31	100	200	300	20	300	0,5	35	10
Скважина 7001 (в контуре участка, среднее по 3 пробам)																
7001	8085	43	57	3700	3000	100	30	33	200	100	300	20	300	0,28	2,2	200
Скважина 7002 (за контуром участка, среднее по 14 пробам)																
7002	4104	88	96	1143	1500	221	29	57	128	157	278	18	364	0,57	7,9	17
Скважина 7003 (за контуром участка, среднее по 19 пробам)																
7003	4195	90	96	1368	1470	189	22	32	116	137	253	17	368	0,40	3,1	34
Скважина 7004 (в контуре участка, среднее по 10 пробам)																
7004	4347	144	150	1300	1400	260	34	76	120	180	300	20	320	0,76	9	33
Скважина 7005 (за контуром участка, среднее по 14 пробам)																
7005	3908	175	124	1140	1200	250	33	102	114	170	278	21	279	0,82	10	11
Скважина 7006 (в контуре участка, среднее по 8 пробам)																
7006	3270	181	206	870	1000	200	31	106	100	137	187	15	212	0,68	6,3	18
Скважина 7007 (за контуром участка, среднее по 11 пробам)																
7007	4008	117	130	1090	1450	218	43	75	118	150	272	18	272	0,57	6,3	26
Скважина 7008 (за контуром участка, среднее по 12 пробам)																
7008	3552	149	78	1000	1080	258	28	64	100	175	275	18	275	0,85	30	21
Скважина 7011 (за контуром участка, 1 проба)																
7011	11470	70	100	7000	3000	100	100	100	200	100	300	20	300	0,5	10	70
Скважина 7013 (за контуром участка, 1 проба)																
7013	2010	200	100	-	1000	300	30	50	100	200	-	-	-	0,3	30	-
Скважина 7022/7 (за контуром участка, 1 проба)																
7022/7	3626	150	100	1000	1000	300	30	100	100	200	300	20	300	0,75	15	10
Среднее содержание редкоземельных элементов по всему участку Шок-Карагай, в г/т																
	4688	134	116	1718	1508	225	37	69	125	159	254	17	274	0,58	17	38
Примечание – В целом по скважинам участка Шок-Карагай ΣTR цериевого ряда – 3738; ΣTR иттриевого ряда – 954																

Таблица 13 – Содержание редкоземельных элементов в коре выветривания участка Шок-Карагай по результатам химического анализа, в г/т

№ пробы	Σ TR	Элементы цериевого ряда (легкие)						Элементы иттриевого ряда (тяжелые)								
		La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Y	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Скважина 7005																
С-7005/9	Полуколичественный спектральный анализ															
	3937,5	250	200	1000	1000	300	30	200	100	200	300	20	300	2,5	25	10
	Химический анализ (коэффициент обогащения 200)															
	49,8	10	15	5	5	1,5	0,2	5	1	1	2	-	2	0,5	1,5	0,1
Скважина 7006																
С-7006/4	Полуколичественный спектральный анализ															
	3737,7	200	200	1000	1000	300	30	70	100	200	300	20	300	0,7	7	10
	Химический анализ (коэффициент обогащения 500)															
	280,5	50	70	7	50	6	1	60	7	6	10	-	6	0,5	6	1
Скважина 7007																
С-7007/5	Полуколичественный спектральный анализ															
	3446	50	20	1000	1000	300	30	100	100	200	300	20	300	1,0	15	10
	Химический анализ (коэффициент обогащения 200)															
	134	20	10	2	20	3	0,5	50	10	1	7	-	4	0,5	5	1
Скважина 7008																
С-7008/11	Полуколичественный спектральный анализ															
	3455,5	70	70	1000	1000	300	30	50	100	200	300	20	300	0,5	5	10
	Химический анализ (коэффициент обогащения 500)															
	167,4	30	20	7	40	5	1	40	10	4	4	-	4	0,4	5	1
Среднее содержание редкоземельных элементов по всему участку Шок-Карагай, в г/т																
Сп. Ан.	3644	142	123	1000	1000	300	30	105	100	200	300	20	300	1,2	13	10
Хим.Ан.	158	28	29	5	29	3,9	0,68	39	7	3	5,8	-	4	0,48	4,4	0,8
Примечание – В целом по скважинам участка Шок-Карагай ΣTR цериевого ряда – 2595; ΣTR иттриевого ряда – 1049 (сп. ан.). В целом по скважинам участка Шок-Карагай ΣTR цериевого ряда – 96; ΣTR иттриевого ряда – 64,48 (хим.ан.)																

К числу тех, где могут присутствовать изоморфные примеси РЗЭ относятся порообразующие и акцессорные минералы коры выветривания (каолинит, вольфрамит, ильменорутит, цоизит, циркон, сфен, флюорит, слюды). Результаты изучения цирконов из участка Шок-Карагай, имеющие различную окраску и тонкие включения, а также слюды и ортита показали в них присутствие РЗЭ (Y, La), радиоактивных (Th, U) и редкометалльных (Nb) элементов (таблица 14).

Таблица 14 – Элементы-примеси в минералах участка Шок-Карагай по результатам полуколичественного спектрального анализа, в г/т

№ пробы	Элементы				
	Y	La	Th	U	Nb
Циркон					
156	70	20	30	100	30
156	75	250	-	100	100
156	75	-	-	350	75
156	75	-	-	150	75
156	75	500	-	50	50
700	75	-	-	70	35
Слюды					
156	350	350	-	-	10000
156	10	-	-	-	10
Ортит					
156	20	-	-	-	10000

Результаты аналитических исследований привели к следующему заключению, что в среднем по участку Шок-Карагай сумма цериевого ряда преобладает над иттриевой примерно в 4 раза.

Следует отметить, что уровень концентраций редкоземельных элементов в рудах Шок-Карагайского месторождения позволяет сопоставлять его с крупными месторождениями Казахстана (Кундыбай, Акбулак и другие). Отличительной особенностью Шок-Карагайского месторождения является комплексная редкометалльная и редкоземельная металлогеническая специализация, которая обусловлена нахождением его в едином узле с крупным оловорудным месторождением Сырымбет. Весь рудный узел неравномерно охвачен развитием различных фаз минерализации (альбитизация, кварц-бериллиевая, гидротермальная кварц-флюоритовая минерализация), которые определяют комплексный редкометалльный и редкоземельный состав коры выветривания Шок-Карагайского месторождения.

3.4 Форма нахождения РЗЭ на месторождении Шок-Карагай

Собственные минералы РЗЭ. В результате микроскопического изучения коренных вмещающих пород с редкоземельной минерализацией были установлены на участке Шок-Карагай собственные минералы РЗЭ, которые относятся к числу важнейших, используемых в промышленности. Из-за их

микронных размеров они были найдены на микрозонде, в режиме компо. Это фосфаты редких земель цериевой подгруппы: монацит – встречается в гранит-порфире в виде корочки в пустотке; силикорабдофанит (разновидность минерала рабдофанита) – найден в explosивно-гидротермальной брекчии в кремнистой массе в виде редких мелких микронных зерен. Фторокарбонат кальция и редких земель цериевой подгруппы – иттриевый паризит найден в гранит-порфире серицитизированном, содержащем флюорит. Кроме того, определены второстепенные минералы РЗЭ торит и его разновидность – оранжит в коренных породах.

Монацит – $(TR)PO_4$. Минерал был найден в гранит-порфире розоватого цвета, в составе которого развита редкая вкрапленность магнетита, титаномагнетита, ильменита и циркона. Монацит развивается в виде корочки в пустотке. Размер корочек до 10×50 мкм. Содержание редкоземельных элементов в монаците составляет 54,15 % (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Dy), из них на долю элементов иттриевого ряда приходится 2,97% (Gd, Dy). Химический состав монацита не постоянный и это определяется его происхождением. Часто монацит содержит различные примеси, из которых главные ThO_2 и UO_3 (таблица 15, рисунок 13).

Таблица 15 – Состав монацита по данным микрозондового анализа (%)

№ анш.	Элементы													Сумма
	F	P ₂ O ₅	CaO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	Sm ₂ O ₃	Eu ₂ O ₃	Gd ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	ThO ₂	UO ₃	
7006/8	1,56	28,79	3,28	10,65	27,55	2,22	8,86	1,56	0,34	2,14	0,83	0,70	1,64	90,14

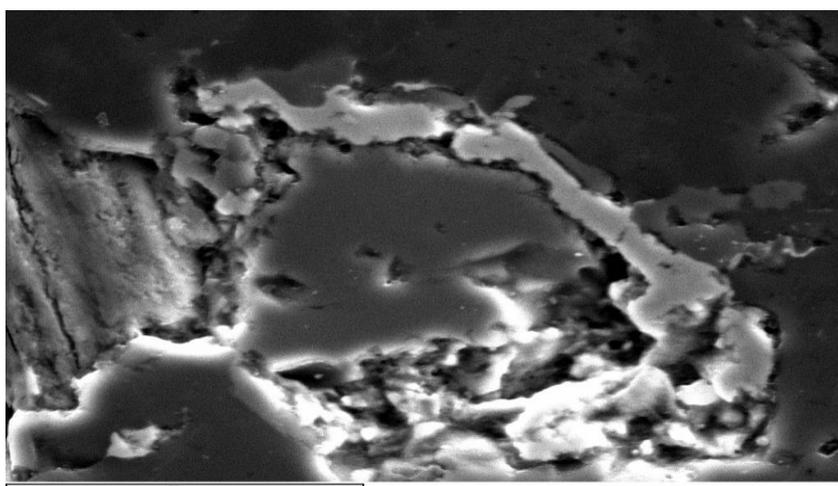


Рисунок 13 – Монацит в виде корочки в пустотке (светлое). Анш. 7006/8

Силикорабдофанит – $(Ce, Y)PO_4 \cdot H_2O$. Разновидность минерала рабдофанита, фосфата редких земель цериевой подгруппы. Минерал был найден в брекчированной породе и содержит обломки кварца, калишпата в кремнистой массе. Порода содержит неравномерную вкрапленность рутила и единичные редкие вкрапления ильменита. Зерна минерала очень мелкие – до 3×5 мкм. В минерале установлены элементы только цериевого ряда – La, Ce, Pr, Nd и радиоактивный элемент Th. Содержание редкоземельных элементов в нем составляет по двум анализам 52,94 (La, Ce, Pr, Nd) и 51,07 % (La, Ce, Nd) и присутствует ThO_2 – 3,97 и 6,93 (таблица 16, рисунки 14, 15).

Таблица 16 – Состав силикорабдофанита по данным микрозондового анализа (%)

№	Элементы									Сумма
	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	Fe ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Pr ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	ThO ₂	
7010 Ан. 1	11,35	30,04	2,48	0,84	13,59	29,68	2,09	7,58	3,97	101,61
7010 Ан. 2	11,73	31,77	2,78	-	13,74	29,13	-	8,20	6,92	104,28

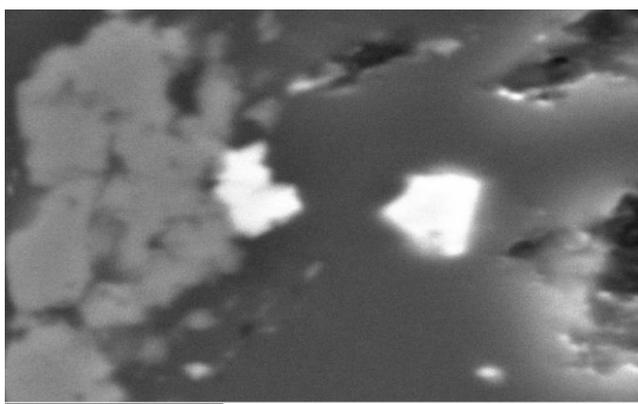


Рисунок 14 – Мелкие зерна силикорабдофанита (светлое) в кремнистой массе.
Анш. 7010

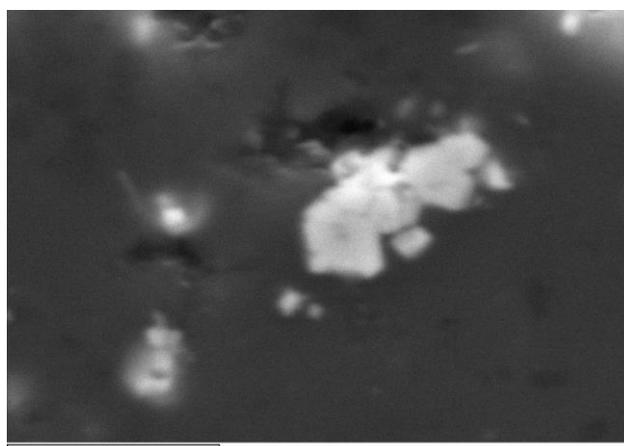


Рисунок 15 – Мелкие зерна силикорабдофанита (светлое) в кремнистой массе.
Анш. 7010

Паризит – $\text{CaCe}_2(\text{CO}_3)_3\cdot\text{F}_2$. Минерал был найден в серицитизированном гранит-порфире. Рудные минералы в породе составляют 3-5 % и представлены гематитом, ильменитом и рутилом. Фтор, который входит состав минерала паризита, представлен в гранит-порфире флюоритом, количество которого составляет 5-8%. Паризит обнаружен в виде мелких зерен размером 1-10 микрон, образующих скопление. Вокруг зерен паризита наблюдается каемка нерудного минерала (рисунок 16). В минерале установлены элементы группы лантаноидов: цериевая – La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu; и иттриевая – Y, Gd, Tb, Dy. Из радиоактивных элементов Th. Содержание редкоземельных элементов в нем составляет 61,65 % (Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy). По содержанию Y_2O_3 – 7,04 %, его можно отнести к иттриевому паризиту. ThO_2 – 1,90 % (таблица 17, рисунок 16).

Таблица 17 – Состав паризита по данным микрозондового анализа (%)

№	Элементы								
	F	Al_2O_3	SiO_2	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	Y_2O_3	La_2O_3	Ce_2O_3
7012	7,47	0,96	2,84	2,39	0,53	4,78	7,04	13,87	18,39
	Pr_2O_3	Nd_2O_3	Sm_2O_3	Eu_2O_3	Gd_2O_3	Tb_2O_3	Dy_2O_3	ThO_2	Сумма
	2,44	10,84	2,73	0,76	2,63	1,07	1,88	1,90	82,53

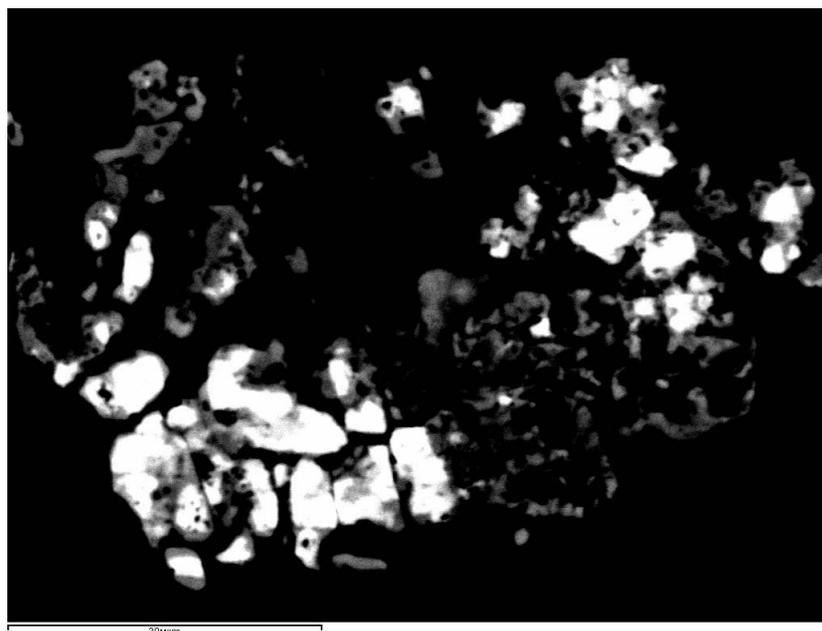


Рисунок 16 – Скопление зерен паризита (белое) в массе породы. Вокруг зерен минерала видна темная каемка нерудного минерала. Анш. 7012

Торит и оранжит – ThSiO_4 . В таблице №18 приведен состав минерала торит содержащий редкоземельный элемент, отнесенный к числу второстепенных минералов при изучении коренных пород. Он найден за пределами участка Шок-Карагай и часто встречается в единичных знаках. Кроме того, как второстепенный присутствует оранжит, разновидность торита (рисунок 17).

Таблица 18 – Состав торита (%)

№ образца	Элементы							
	F	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CuO
3, Ан. 1	1,51	0,98	9,25	7,35	2,71	0,98	3,16	2,93
	ZnO	Y ₂ O ₃	Tb ₂ O ₃	Dy ₂ O ₃	Yb ₂ O ₃	ThO ₂	UO ₃	Сумма
	1,40	6,43	0,87	1,37	3,23	54,80	3,01	100,00

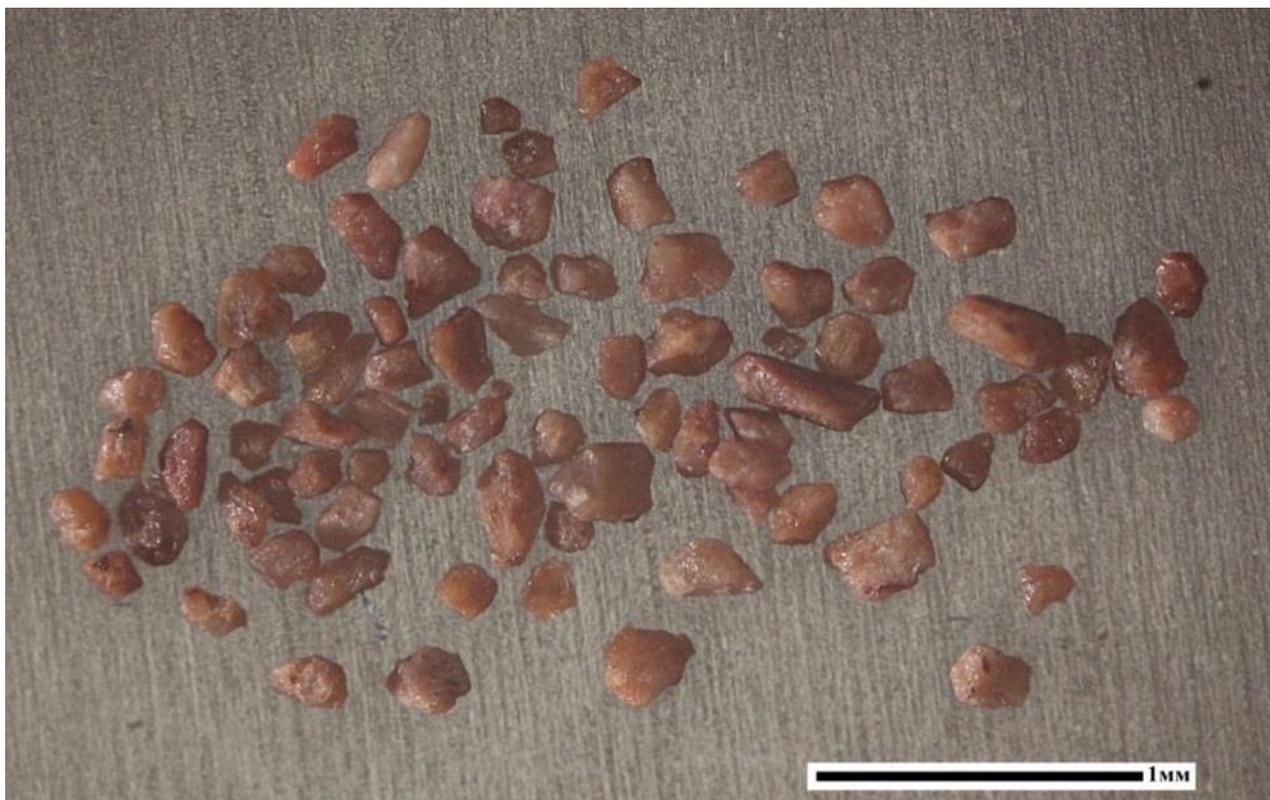


Рисунок 17 – Зерна оранжита. Проба 156

Изоморфные примеси РЗЭ. К числу тех, где могут присутствовать изоморфные примеси редкоземельных элементов относятся породообразующие и акцессорные минералы коры выветривания (каолинит, вольфрамит, ильменорутил, цоизит, циркон, сфен, флюорит, слюды).

Результаты изучения цирконов, из участка Шок-Карагай, имеющие различную окраску и тонкие включения, а также слюд и ортита, показали в них присутствие редкоземельных элементов (Y – 70-75 г/т, La – 20-500 г/т), радиоактивных (Th – до 30 г/т, U – 50-350 г/т) и редкометалльных (Nb – от 30 г/т до 10 кг/т). Кроме того, на микрозонде определены ряд редкоземельных соединений, которые представляют собой тонкие сростки отдельных фаз, которые трудно рассчитать на определенный минерал.

На рисунках 18-19 приведены цирконы различной окраски, с включениями и сростками слюды. На рисунке 20 показаны зерна ортита, в которых установлены элементы-примеси РЗЭ, радиоактивных и редких.



Рисунки 18 – Циркон красный (слева), циркон рыжий (справа)



Рисунки 19 – Циркон с включениями (слева), циркон в срастании со слюдой

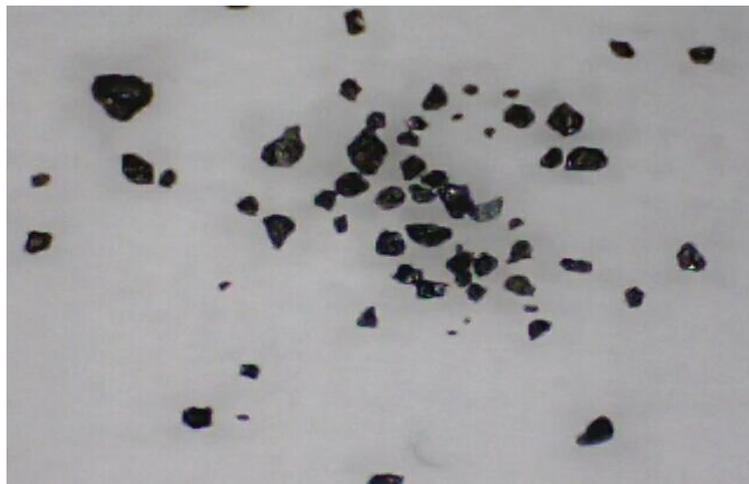


Рисунок 20 – Зерна ортита

Ниже в таблицах приведен состав редкоземельных минералов, которые находятся в тесных срастаниях с другими минералами или представлены в виде отдельных фаз. Такие соединения, трудно определенно отнести к какому-либо конкретному минералу. Так в таблице 19 приведен состав редкоземельного

минерала по данным микрозондового анализа со значительным количеством Tb₂O₃ (57,96 %), однако ни один редкоземельный элемент в составе не встречается. Судя по составу, возможно, присутствует танталит и примесь вольфрамита.

Таблица 19 – Состав минерала с тербием по данным микрозондового анализа (%)

№ образца	Элементы						Сумма
	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Tb ₂ O ₃	Ta ₂ O ₅	WO ₃	
5, Ан. 1	1,19	1,77	19,32	57,96	15,86	3,90	100,00

В таблице 20 также представлена смесь минералов, скорее всего это отдельные фазы, срастающиеся друг с другом, которые находятся в хлорите.

Таблица 20 – Состав минерала с тербием, торием и ураном (%)

№ образца	Элементы												Сумма
	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	ZrO ₂	Tb ₂ O ₃	Ta ₂ O ₅	PbO	ThO ₂	UO ₃	
5, Ан. 2	3,14	16,36	3,20	8,82	1,16	20,75	3,35	16,71	5,99	4,75	10,76	5,01	100
5, Ан. 3	1,19	12,72	3,78	15,67	0,51	7,18	-	22,26	3,83	13,91	13,93	5,01	100

Примечание: № 156 – из коренной породы месторождения Шок-Карагай

Несмотря на неограниченный изоморфизм, в группе редких земель в определённых геологических условиях возможна раздельная концентрация редких земель иттриевой и цериевой групп, что мы имеем в нашем случае. Монацит – основной носитель редкоземельных элементов цериевой группы, и второстепенный минерал фторокарбонат паризит также обогащен элементами цериевой группы, но в нем присутствует иттрий (7-8%) и другие редкоземельные элементы иттриевой группы, но в меньших количествах. Второстепенные радиоактивные минералы – торит и его разновидность оранжит, а также основные и второстепенные (тантало-колумбит, вольфрамит, ильменорутит) и породообразующие (гидрослюды, полевые шпаты), а также акцессорные (ильменит, сфен, циркон, цоизит, флюорит, апатит) могут содержать примеси РЗЭ.

В результате из редкоземельных минералов на микрозонде найдены:

1) фосфаты редких земель цериевой группы – а) монацит – встречен в гранит-порфире в виде корочки в пустотке. В минерале установлены элементы группы лантаноидов: цериевая – La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu; и иттриевая – Gd, Dy.

Кроме того, определены радиоактивные элементы – Th и U; б) силикоорабдофанит (разновидность минерала рабдофанита) – найден в эксплозивно-гидротермальной брекчии в кремнистой массе в виде редких мелких микронных зерен. В минерале установлены элементы только цериевого ряда – La, Ce, Pr, Nd и радиоактивный элемент Th;

2) фторокарбонат кальция и редких земель цериевой группы – паризит. Минерал найден в гранит-порфире серицитизированном, содержащем флюорит. В минерале установлены элементы группы лантаноидов: цериевая – La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu; и иттриевая – Y, Gd, Tb, Dy. Из радиоактивных элементов Th. Паризит обнаружен в виде мелких зерен размером 1-10 микрон, которые представлены как скопление;

3) К числу тех минералов в коре выветривания, где могут присутствовать изоморфные примеси РЗЭ относятся основные – касситерит, вольфрамит и второстепенный ильменорутил, а также другие породообразующие и акцессорные минералы (каолинит, слюды, цоизит, циркон, сфен, флюорит). Были установлены в качестве элементов-примесей в цирконах с различной окраской в количестве Y 70-75 г/т; La – от 0 до 500 г/т; U – от 50 до 350 г/т; в одном случае Th – 30 г/т; Nb – от 30 до 100 г/т. В слюде Y и La по 350 г/т. Nb много (10000 г/т) в слюде и ортите.

4 ТРЕХМЕРНЫЕ МОДЕЛИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШОК-КАРАГАЙ

4.1 Геологическая модель рудного тела месторождения Шок-Карагай

Методы построения трехмерных моделей месторождения. При построении трехмерных моделей МПИ используются различные методы компьютерного моделирования, в зависимости от структуры и вида полезных ископаемых. Для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых часто используется ГИС - **Micromine**.

В Micromine реализован способ пространственного моделирования по данным опробования разведочных скважин, с возможностью уточнения параметров размещения рудных тел и залежей по данным геофизических исследований (сейсмическая, магнитная, электромагнитная и другие), а также данным эксплуатационной разведки [23-57, с. 18; 70-79].

Процесс создания геологических цифровых моделей состоит из нескольких этапов и в зависимости от объекта моделирования (вид полезного ископаемого, структура, топология, густота разведочной сети) может несколько изменяться [13-16, с. 19]. Общая структура процесса построения трехмерных геологических моделей состоит из следующих этапов:

- разработка структуры базы данных для хранения первичной информации геологической разведки;
- пополнение базы информацией геологического (рисунок 21) и геофизического опробования;
- статистический анализ первичных геологических данных, исправление ошибок, группировка данных, заверка базы, выявление закономерностей;
- построение скважин в пространстве модели, группировка по профилям;
- выделение и оконтуривание рудных и нерудных интервалов по стратиграфическому принципу, уточнение интервалов по значениям бортового содержания (интерпретация геологических данных);
- уточнение границ пространственного размещения пород, с учетом тектонических нарушений, а также по данным геофизических исследований (сейсморазведка, гравиразведка, электроразведка);
- каркасное моделирование месторождения (выделение рудных тел и пород сопутствующей вскрыши, моделирование пластов, аномалий, ловушек и пр.);
- создание пустых блочных моделей;
- геостатистический анализ данных разведки, вариография, определение законов пространственной изменчивости геологических характеристик компонентов;
- моделирование содержания компонентов математическими методами: ближайшего соседа (полигональный метод), обратных расстояний в степени (IDW), крайгинга (в модификациях) и др.;
- моделирование гидродинамических систем, расчет массопереноса, загрязненности, химического состава и др.;
- уточнение контуров распространения пород на месторождении по заданным кондициям [25-27, с. 20; 74-78, с. 55].

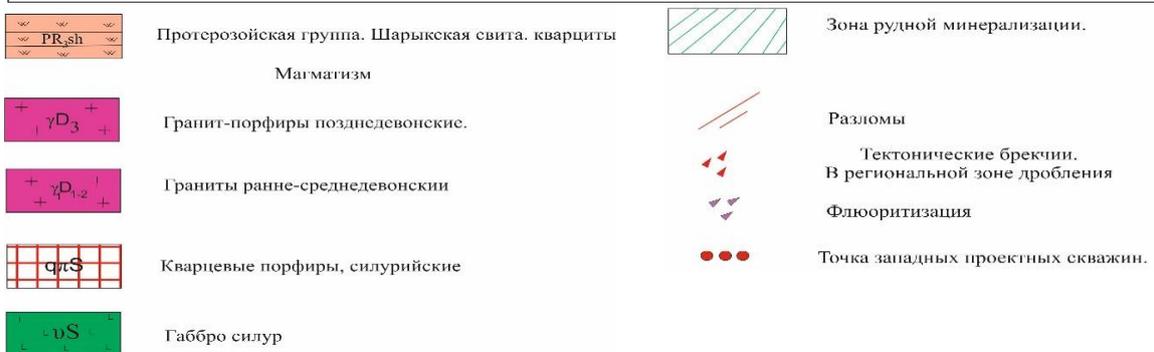
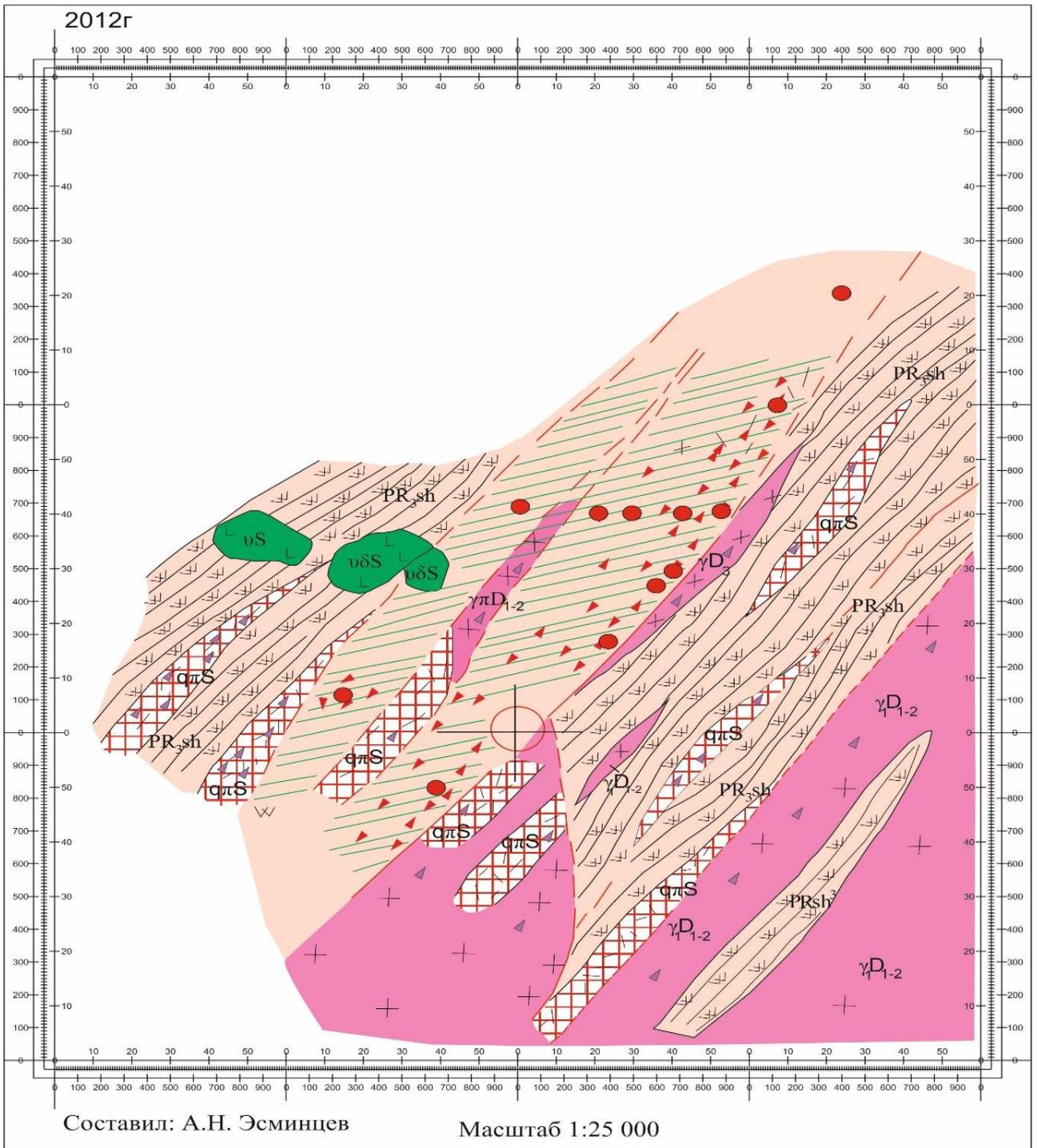


Рисунок 21 – Схематическая геологическая карта месторождения Шок-Карагай

Подготовка материалов для создания базы цифровых данных (рисунок 22).

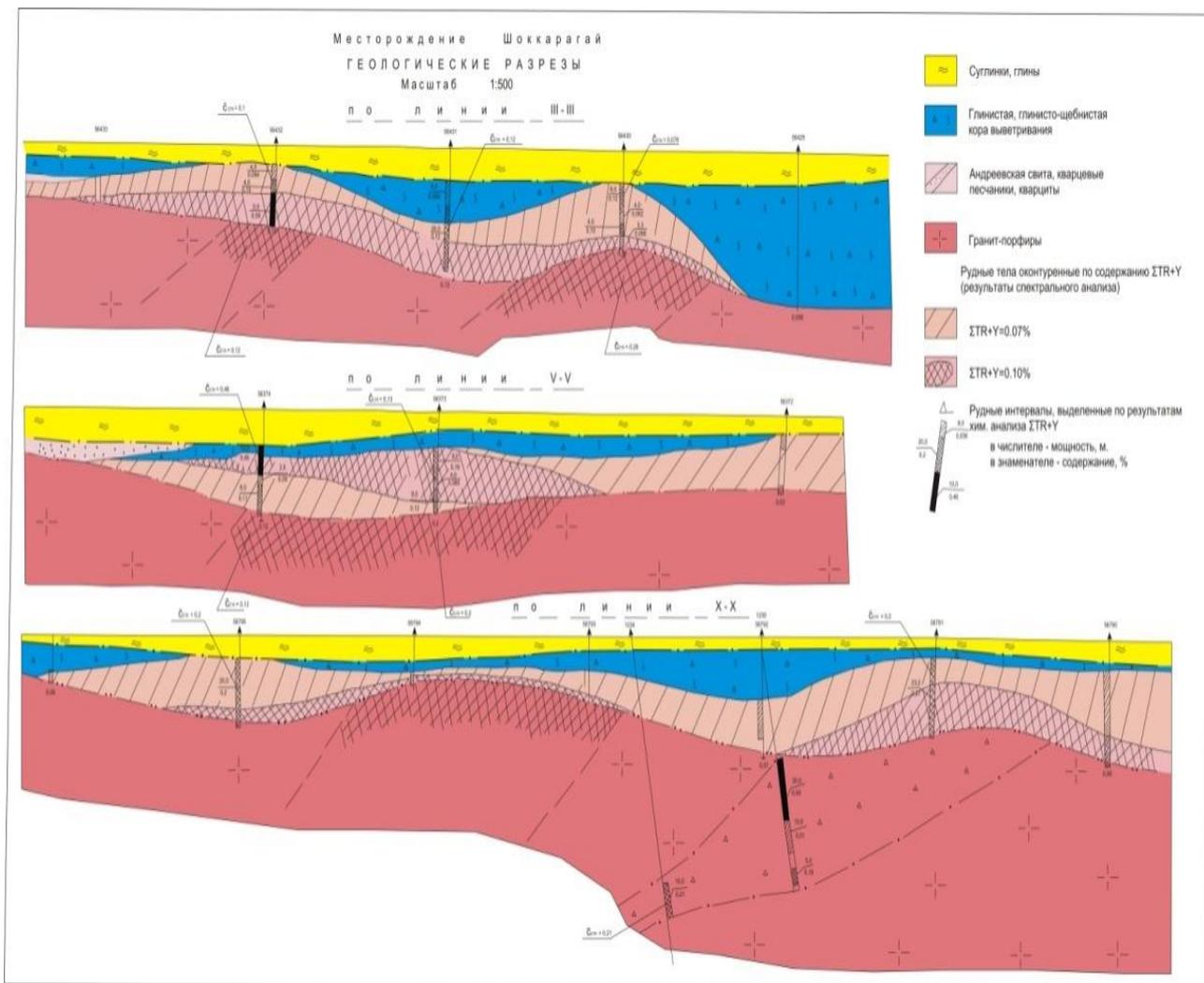


Рисунок 22 – Геологические разрезы месторождения Шок-Карагай

Были подготовлены в электронном виде геологические колонки в цветном варианте по всем 8 пробуренным скважинам (рисунки 23-30). На геологические колонки были вынесены содержания Y, Yb, Ce, La по отобранным пробам, а также нанесена цветная шкала содержаний и суммы перечисленных редкоземельных элементов. В электронном варианте была составлена также геологические разрезы Шок-Карагайского месторождения.

Дата смена	Порейсовый улов, м		Пройденный интервал, м	Выход зерна, линейный %	Выход зерна, весовой, %	Шкала глубин и содержания по СТР полевых	Зарисовка зерна в масштабе 1:200	Описание пород	№ пробы	Интеграл опробования, м			Содержание в г/т					Развязность мкр/час	Вес пробы, кг	
	от	до								от	до	длина	YTR ₂ O ₃	Y	Yb	La	Ce			
02.10.2013	0,0	3,5	3,5	50		132	★ *	2 Октябрь. 0,0-0,1: Почвенно-растительный слой серовато-черного цвета	7001/1	0	1	1,0	145	30	15	50	50			
	3,5	5,0	1,5	90		143	—	1,0-3,0: Вязкая глина светлокорицевого цвета без песчаного матегиала (повидимому, кора выветривания по темным породам)	7001/2	1,0	3,0	2,0	143	40	3	30	70			
	5,0	6,5	1,5	90		132	—	3,0-7,1: Каолинизированная кора выветривания по гнейсам, кварцитам (Белая глина с неравномерным присутствием зерен кварца. Зерна кварца от 1мм до 5-7 мм)	7001/3	3,0	4,0	1,0	132	30	2	50	50			
	6,5	7,1	0,6	50		170	—	8,2- та же глина	7001/4	4,0	6,0	2,0	750	150	200	200	200			
03.10.2013	7,1	8,2	1,1	90		400	—	3 Октябрь. 8,2-10,7 супесь сероватосветлокорицевого цвета 80% песка, 20% глинистого материала. Изредка 5-10% встречаются выветрелые остатки кварцитов. В виде крупы, типа манной отмечается присутствие светлого минерала, возможно чертит в количестве 5-10%	7001/5	6,0	8,0	2,0	450	100	100	100	150			
	8,2	10,7	2,5	60		400	—	10,7-13,5 м - та же супесь светлосерого цвета (коричневый цвет за счет грязной воды от промывки)	7001/6	8,0	10,0	2,0	550	100	150	150	150			
	10,7	12,7	2,0	55		350	—	13,5-18,5 м - та же супесь (дресва) по каолинизированной коре выветривания светлосерого цвета. Количество черчита? порой увеличивается до 20%. Точнее указать невозможно из-за загрязнения зерна промывочным раствором.	7001/6a	8,2	10,0	1,8	450	100	150	100	100			
	12,7	141,1	1,4	90		350	—	18,5-19,8 - та же супесь (дресва) по каолинизированной коре выветривания светлосерого цвета.	7001/7	10,0	12,0	2,0	320	70	100	50	100			
	14,1	16,5	2,4	80		320	—	19,8-21,4 - та же супесь (дресва) по каолинизированной коре выветривания светлосерого цвета.	7001/8	12,0	14,0	2,0	650	250	200	100	100			
	16,5	18,5	2,0	80		320	—	21,4-22,6 м - та же супесь (дресва) по каолинизированной коре выветривания светлосерого цвета.	7001/9	14,0	16,0	2,0	470	70	100	150	150			
	18,5	19,8	1,3	80		320	—	22,6-24,0 м - та же супесь (дресва) по каолинизированной коре выветривания светлосерого цвета.	7001/10	16,0	18,0	2,0	650	100	150	200	200			
	19,8	21,4	1,6	90		400	—	24,0-25,0 м - та же супесь (дресва) по каолинизированной коре выветривания светлосерого цвета.	7001/11	18,0	20,0	2,0	550	100	150	150	150			
	19,8	21,4	1,6	90	80		400	—	25,0-27,0 м - та же супесь (дресва) по каолинизированной коре выветривания светлосерого цвета.	7001/12	20,0	22,0	2,0	500	100	150	100	150	20-27	
	21,4	22,6	1,2	80	80		400	—	27,0-28,4 м - Цвет зерна меняется на буровато-желтый, размер щепки увеличивается до 2-3 см. Количество глинистого материала уменьшилось до 20%. В зерне видны каолинизированные прожилки внутри химически выветрелой коренной породы.	7001/13	22,0	24,0	2,0	650	150	200	100	200	25-27	
04.10.2013	22,6	24,0	1,4	80	80		sh	28,4-31,0 м - Цвет зерна буровато-желтый, представлен глиноподобной массой, на ощупь чувствуется примесь мелкой дресвы - 40-50%. Размер дресвы от 1 мм до 1-2 см. Породы, по-видимому, лимонитизированы.	7001/14	24,0	26,0	2,0	550	100	200	100	150	20-25		
	24,0	25,0	1,0	90,0	80		sh	31,0-32,7 Лимонитизация пород резко прекращается. Порода снова приобретает светло-серый цвет (близкитизация с красноватостью зерен кварца, размер зерен кварца 3-5 мм. Слово видна «манная крупа»)	7001/15	26,0	27,0	1,0	470	100	70	100	200	20-25	5,15	
	25,0	27,0	2,0	90,0	90		sh	32,7-34,0 м - Та же кора выветривания, но снова усиливается лимонитизация, до 60% от объема.	7001/16	27,0	29,5	2,5	420	100	70	100	150	20-25	4,61	
	27,0	28,4	1,4	70,0	50		sh	34,0-34,4 м - Лимонитизация уменьшается до 20-30%. Дресва превращается в обломочный материал. Размеры обломков породы до 7-8 см.	7001/17	29,5	31,0	1,5	340	100	70	70	100	20-25		
05.10.2013	28,4	29,5	1,1	50	50		sh	34,4-35,2 м - слабо выветрелые светло-серые гнейсы, местами (через 5-12 см) рассеченные трещинами оранжевого цвета, длина столбиков зерна (каменного материала) составляет 10-20 см. Трещины под углом 45°.	7001/18	31,0	33,6	2,6	400	100	100	100	100	20-25	5,61	
	29,5	30,5	1,0	80	70		sh	35,2-37,1 м - те же гнейсы, только трещиноватость увеличилась и порода превратилась в щебень с размерами обломков от 0,5 см до 5-10 см. Острые оранжевого цвета составляют 10-20% от объема. Глинистого материала почти не видно - 10%.	7001/19	33,6	35,5	1,9	420	100	150	70	100	20-25	6,91	
	30,5	31,7	1,2	90	90		sh	37,1-39,1 м - Коренные породы (гнейсы) (образец 7001; 39,3 м). Порой наблюдается прислой метасоматически измененных пород до чистых глини оранжево-красного цвета мощностью до 20см.	7001/20	35,5	37,1	1,6	450,00	100	100	100	150	20-25	3,19	
	31,7	32,7	1,0	50	50		sh	39,1-39,8 м - Коренные породы (гнейсы) (образец 7001; 39,3 м). Порой наблюдается прислой метасоматически измененных пород до чистых глини оранжево-красного цвета мощностью до 20см.	7001/21	37,1	39,1	2,0	370,00	100	100	70	100	20-25	8,45	
06.10.2013	32,7	34,4	1,7	80	60		sh	39,8-40,8 м - Коренные породы (гнейсы), каолинизированные, порой до 70% светлосерого цвета. Изредка наблюдается признаки «манной крупы», возможно, черчита.	7001/22	39,1	41,3	2,2	190,00	10	10	70	100	20-25	5,53	
	34,7	36,2	1,5	80	80		sh	40,8-41,3 м - Коренные породы (гнейсы), каолинизированные, порой до 70% светлосерого цвета. Изредка наблюдается признаки «манной крупы», возможно, черчита.	7001/23	41,3	42,9	1,6	335,00	20	15	150	150	20-26	3,49	
	36,2	37,1	0,9	80	80		sh	41,3-42,9 м - Коренные породы (гнейсы), каолинизированные, порой до 70% светлосерого цвета. Изредка наблюдается признаки «манной крупы», возможно, черчита.	7001/24	42,9	43,8	0,9	235,00	15	20	100	100	20-27	4	
	37,1	39,1	2,0	100	90		sh	42,9-43,4 м - Коренные породы (гнейсы), каолинизированные, порой до 70% светлосерого цвета. Изредка наблюдается признаки «манной крупы», возможно, черчита.												
07.10.2013	39,1	39,8	0,7	70	70		sh	43,4-42,9 м - Коренные породы (гнейсы), каолинизированные, порой до 70% светлосерого цвета. Изредка наблюдается признаки «манной крупы», возможно, черчита.												
	39,8	40,8	1,0	70	70		sh	43,8-41,3 м - Оранжево-красная масса буровато-коричневого цвета до оранжево-бурового. Остатки коренных пород составляют 10-20%, те же гнейсы.												
	40,8	41,3	0,5	70,0	70,0		sh	43,8-41,3 м - Оранжево-красная масса буровато-коричневого цвета до оранжево-бурового. Остатки коренных пород составляют 10-20%, те же гнейсы.												
	41,3	42,9	1,6	70	70		sh	43,8-41,3 м - Оранжево-красная масса буровато-коричневого цвета до оранжево-бурового. Остатки коренных пород составляют 10-20%, те же гнейсы.												
42,9	43,4	0,5	90	60		sh	43,8-41,3 м - Оранжево-красная масса буровато-коричневого цвета до оранжево-бурового. Остатки коренных пород составляют 10-20%, те же гнейсы.													

Рисунок 23 – Месторождение Шок-Карагай. Скважина 7001

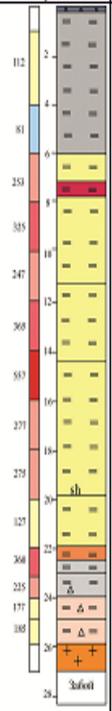
Диаметр бурения	Род истирающих материалов	Порядковая укладка, м		Пройденный интервал, м	Выход зерна, линейный %	Выход зерна, песочной, %	Скважина глубина и содержание ΣTR поисков	Зарисовка зерна в масштабе 1:200	Описание пород	№ пробы	Интервал опробования, м			Содержание в г/т					Радиоактивность мкр/час	Вес пробы, кг
		от	до								длина	TR ₂ O ₃	Y	Yb	La	Ce				
89		0,0	0,8	0,8	20	20		0.0 – 0.25 м – почвенно-растительный слой.	7002/1	0,0	1,0	1,0						15-20		
		0,8	2,4	1,6	90	90		0.25 – 6.0 м – глины аллювиальные, буровато-серые. Присутствие песчаного материала не видно.	7002/2	1,0	4,0	3,0	130	30,00	20	30	50	15-20	10	
		2,4	4,4	2,0	90	90		6.0 – 7.2 м – Кора выветривания, представленная вязкими глинами цвета светло-желтого хаки. Внутри глина отмечаются остатки менее разложившихся пород светло-желтого цвета с острыми краями, размером 1-2 см.	7002/3	4,0	6,0	2,0	90	10	10	20	50	15-20		
		4,4	6,4	2,0	90	90		7.2 – 7.8 м – те же глины, но оранжево-красного цвета.	9.10.2013г.											
		6,4	7,8	1,4	100	100		7.8 – 11.3 м – Глина желтого цвета с включениями глины белого цвета. Иногда в глине видны структурные элементы материнских пород, иногда конкреции, которые отмечаются различными тонами цвета глины, порой до бордового. Все конкреции рыхлые и представлены глинистыми материалом, за редкими исключениями.	7002/4	6,0	8,0	2,0	280	50	30	150	50	20-25	10	
		7,8	8,8	1,0	90	90		11.3 – 14.5 м – та же глина желтого цвета, только больше стало включений белого цвета, часто это напоминает древесу, но «древеса» рыхлая как глина. Радиоактивность пород несколько повышенная, 20-25 мкр/час.	7002/5	8,0	10,0	2,0	370	70	50	100	150	20-25	6,63	
		8,8	10,0	1,2	90	90		14.5 – 19.8 м – та же светло-желтая глина, только теперь более сухая, рассыпчатая. Вкрапленность тоже рассыпчатая.	7002/6	10,0	12,0	2,0	310	70	70	70	100	20-25	5,97	
		10,0	11,3	1,3	90	90		19.8 – 20.0 м – Глина серовато-коричневая, возможно, бедная вкрапленность черчита.	7002/7	12,0	14,0	2,0	500	100	150	150	100	20-25	5,55	
		11,3	12,5	1,2	90	90		20,0-22,0 м – Та же глина, но желтого цвета. Видна рыхлая вкрапленность первичных минералов.	10.10.2013г.											
		12,5	14,5	2,0	70	70		22,0-22,5 м – КERN приобрел оранжево-бурый цвет. ДРЕСВА также бурого цвета, размером до 1 см, до 50% от объема	7002/8	14,0	16,0	2,0	620	100	70	200	250	20-25	5,31	
		14,6	16,4	1,8	80	80		22,5-23,1 м – КERN приобрел светло-серый, светло-розово-серый цвет. ДРЕСВА составляет до 70-80% от объема и сохраняет структуру гранитоидов.	7002/9	16,0	18,0	2,0	340	70	70	100	100	20-25	4,44	
		16,4	18,2	1,8	80	80		23,1-24,0 м – КERN в результате включенной промывки представлен жидким шламом.	7002/10	18,0	20,0	2,0	320	70	50	100	100	20-25	6,33	
		18,2	19,8	1,6	70	70		24,0-24,9 м – КERN представлен выветрелыми гранитоидами в объеме 60%. Остальное светло-розово-серая дРЕСВА и глина.	7002/11	20,0	22,0	2,0	190	50	70	20	50	20-25	5,13	
		19,8	21,8	2,0	70	70		24,9-25,9 м – КERN представлен оранжево-розовыми слабо измененными, трещиноватыми порфирами.	25.10.2013 г.											
		22,0	22,4	0,4	70	70		25,9-27,0 м – КERN представлен оранжево-розовыми слабо измененными, трещиноватыми порфирами.	7002/12	22,0	23,1	1,1	450	100	100	100	150	10-15	4,82	
		22,4	23,1	0,7	90	90		Скважина закрыта на глубине 27,0 м, как выполнившая геологическая задача. Документировал и опробовал Бюйрин В. А. 25.10.2013	7002/13	23,1	24,0	0,9	270	50	50	100	70	10-15	7,96	
23,1	23,6	0,5	50	50		7002/14	24,0	24,9	0,9	240	70	70	50	50	10-15	2,63				
23,6	24,0	0,4	60	60		7002/15	24,9	25,9	1,0	275	35	100	70	70	10-15	3,98				
24,0	24,9	0,9	40	40		7002/16	25,9	27,0	1,1						10-15	2,53				
24,9	25,9	1,0	50	50																
25,9	27,0	1,1	30	30																

Рисунок 24 – Месторождение Шок-Карагай. Скважина 7002

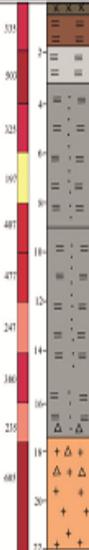
дата смена	Диаметр бурения	Род истирающих материалов	Порейсовая узюда, м		Пройден. интервал, м	Выход зерна, линейный %	Выход зерна, весовой, %	Шкала глубин и содержания ΣTR	Зарисовка зерна в масштабе 1:200	Описание пород	№ пробы	Интервал опробования, м			Содержание в г/т					Радиоактивность мкр/час	Вес пробы, кг
			от	до								дина	TTR ₂ O ₃	Y	Yb	La	Ce				
17.10.2013	76	победит	0	0,5	0,5	100	40		0,0-0,5 м - почвенно-растительный слой черно-буровато-серого цвета	17.10.2013г											
			0,5	1	0,5	85	85		0,5-1,8 м – покровные глины темно-коричневого цвета	7004/1	0	1,8	1,8	155	30	5	20	100	15-20		
			1	1,8	0,8	100	100		1,8-3,3 м – Кора выветривания представленная глинами светло-серого цвета (по-видимому, каолинит) местами обожженные охрами желтого, желтовато-бурого цвета. Порой отмечаются углефицированные (абсолютно черные) рыхлые включения.	7004/2	1,8	4	2,2	323	50	3	20	250	20-24		
			1,8	2,2	0,4	100	100		3,3-9,1 м – КERN аналогичен вышеописанному. Отмечаются кварцевая дресва размером менее 1 мм.	7004/3	4	6	2	235	70	5	10	150	20-25	3,94	
			2,2	3,3	1,1	90	90		9,1-13,8 м.КERN аналогичен вышеописанному.	7004/4	6	8	2	134	70	7	7	50	15-20	4,26	
			3,3	4,5	1,2	80	80		13,8-15,3 м – Выход зерна 30%. В остальном KERN аналогичен вышеописанному. Дресва становится крупнее до 2 см и представлена гранитоидами.	18.10.2013											
			4,5	6,3	1,8	80	80		15,3-17,5 м – КERN представлен размытой массой.	7004/5	8	10	2	272	50	7	15	200	15-20	8,72	
			6,3	6,9	0,3	100	100		17,5-21,2 м – коренные породы, представленные оранжево-серыми, роговообманковыми гранитами, неизмененными.	7004/6	10	12	2	252	70	7	25	150	15-20	10,7	
18.10.2013			6,9	8,4	1,5	30	30		Скважина закрыта на глубине 21,2 м, как выполнившая геологическое задание.	7004/7	12	14	2	184	70	7	7	100	15-20	7,5	
			8,4	9,1	0,7	80	80		Документировал В. Бюйрин	7004/8	14	16	2	290	70	10	10	200	15-20	7	
			9,1	9,6	0,5	90	90			7004/9	16	17,5	1,5	145	30	5	10	100	15-20	1,37	
			9,6	10,4	0,8	100	90			7004/10	17,5	21,2	3,7	505	250	35	20	200	15-20	4,74	
			10,4	10,9	0,5	90	90														
			10,9	11,8	0,8	90	90														
			11,8	13,8	2	75	75														
	59	Алмаз	13,8	15,3	1,5	30	30														
			15,3	16,8	1,5	30	30														
			16,8	17,5	0,7	0	0														
			17,5	21,2	3,7	50	50														

Рисунок 26 – Месторождение Шок-Карагай. Скважина 7004

дата съезда	Диаметр бурения	Род истирающих материалов	Поревсовая усадка, м		Пройден. интервал, м	Выход зерна, линейный %	Выход зерна, весовой, %	Шкала глубин и содержания СТР	Зарисовка зерна в масштабе 1:200	Описание пород	№ пробы	Интервал опробования, м			Содержание в г/т					Радиоактивность мкр/час	Вес пробы, кг	
			от	до								длина	TiO ₂	Y	Yb	La	Ce					
19.10.2013	76 победит		0,0	0,7	0,7	100	100			0,0-0,8м - Почвенно-растительный слой, черного цвета с черной глиной.	7005/1	0,2	0,8	0,6	138	50	3	15	70	10-15	3,85	
			0,7	1,2	0,4	90	90			0,8-3,0м - Темнокоричневая глина коры выветривания (КВ). Внутри встречаются белые включения до 1см в диаметре.	7005/2	0,8	3	2,2	202	30	2	70	100	10-15	12,08	
			1,2	2,1	0,9	90	90			3,0-4,0м - Глина светло-серого цвета, внутри зерна отмечаются каменные включения до 2-3см в диаметре кварца и окварцованных гранитоидов.	7005/3	3	5	2	280	35	75	100	70	15-20	10,08	
			2,1	3,0	0,9	90	90			4,0-7,0м - Цвет зерна меняется на кирпично-красный. Количество кварцевых включений увеличилось до 30%.	7005/4	5	7	2	383	30	3	300	50	15-20	10,33	
			3,0	3,8	0,8	90	90			7,0-8,2м - Интервал аналогичен вышеописанному.	7005/5	7	9	2	292	35	7	150	100	20-25	10,75	
			3,8	4,6	0,8	80	80			8,2-9,0м - Цвет зерна меняется на оранжево-светлокоричневый. Появляются включения светлосерой глины.	7005/6	9	11	2	525	50	75	200	200	20-25	9,06	
			4,6	5,4	0,8	90	90			9,0-9,6 м - Цвет зерна меняется на светложелтый.	7005/7	11	13	2	565	100	15	200	250	20-25	11,9	
			5,4	5,6	0,2	100	100			9,6-10,6 - Идет чередование слоев светлосерой и коричневой глины. Мощность этих прослоев составляет 10-15 см. Видно дресва, в основном, представленная зернам кварца.	7005/8	13	15,6	2,6	570	200	20	250	100	20-22	13,07	
			5,6	6,2	0,6	90	90			10,6-13,0м - Зерна представлены чередованием глин оранжево-коричневого, розового и светло-серого цвета. Прослои имеют мощность от нескольких сантиметров до 0,5 метра. Внутри зерна просматривается структура гранитоидов твердыми остаются лишь зерна кварца 2-3мм.	7005/9	15,6	17,6	2	565	150	15	250	150	20-25	10,5	
			6,2	6,9	0,7	80	80			13,0-15,6м - Бурый цвет зерна меняется на темнорозовый и бордовый. Внутри зерна наблюдается включения светлосерого цвета, по видимому, каолина. Размер включений 5х3 см, порой больше.	7005/10	17,6	19,5	1,9	457	100	7	250	100	20-25	8,74	
			6,9	7,4	0,5	80	80			15,6-19,4м - Цвет глины меняется на светложелтый, бурый, розовый. Также наблюдается дресва полуразложившихся гранитоидов.	7005/11	19,5	21,5	2							20-25	11,67
			7,4	7,9	0,5	80	80			19,4-21,6м - Интервал сложен, в основном розовый глиной. Также отмечаются порой включения каолинита, размером 5х7см. Дресва представлена зернами кварца 2-5мм.	7005/12	21,5	23,6	2,1	405	100	5	200	100	15-23	10,15	
			7,9	8,2	0,3	80	80			21,6-23,6м - Интервал сложен чередованием розовой светлосерой, в середине бурой глиной. Видна структура материнских пород (гранитоидов), твердыми остались только зерна кварца до 3-5мм в диаметре.	7005/13	23,6	24,2	0,6	515	150	15	200	150	20-25	1,92	
			8,2	9,6	1,4	60	60			23,6-24,2м - Та же глина с большим количеством дресвы	7005/14	24,2	26,9	2,7	875	300	25	300	250	20-25	5,25	
9,6	10,1	0,5	60	60	24,2-24,7м - Щебень коренных пород																	
10,1	10,8	0,7	80	80	24,7-25,4м - Дробленные коренные породы																	
20.10.2013			10,8	12,1	1,3	90	90		25,4-26,9м - Неизменные коренные породы													
			12,1	13,0	0,9	90	90		Скважина закрыта на глубине 26,9													
			13,0	13,7	0,7	90	90															
			13,7	14,8	1,1	80	80															
			14,8	15,9	1,1	90	90															
			15,9	16,4	0,5	90	90															
			16,4	17,5	1,1	90	90															
			17,5	19,1	1,6	85	85															
			19,1	19,4	0,3	80	80															
			19,4	20,5	1,1	90	90															
			20,5	21,0	0,5	90	90															
			21,0	21,6	0,6	90	90															
			21,6	22,0	0,4	80	80															
			22,0	23,1	1,1	70	70															
			23,1	23,4	3,0	80	80															
			23,4	23,6	0,2	90	90															
			23,6	24,0	0,4	80	80															
	59 Алмаз		24,0	24,7	0,7	30	30															
			24,7	25,4	0,7	30	30															
			25,4	26,9	1,5	60	60															

Рисунок 27 – Месторождение Шок-Карагай. Скважина 7005

дата смены	Диаметр бурения	Род истирающих материалов	Порейсовая узелка, м		Пройден. интервал, м	Выход зерна, линейный %	Выход зерна, весовой %	Шкала глубин и содержание УГР	Зарисовка зерна в масштабе 1:200	Описание пород	№ пробы	Интервал отработки, м			Содержание в г/г					Радиоактивность мкр/час	Вес пробы, кг	
			от	до								длина	?TR ₂ O ₂	Y	Yb	La	Ce					
22.10.2013	76	победит	0,0	0,7	0,7	90	90			0,0-0,2 м - Почвенно-растительный слой, черный	7006/1	0,0	1,1	1,1	283	30	3	150	100	20-25	6,3	
			0,7	1,0	0,3	90	90			0,2-0,7 м - Покровная темно-коричневая глина	7006/2	1,1	3,2	2,1	327	50	7	200	70	20-25	4,78	
			1,0	1,6	0,6	100	100			0,7-1,1 м - Коричневая глина	7006/3	3,2	5,0	1,8	275	70	5	100	100	20-25	4,4	
			1,6	2,3	0,7	70	70			1,1-3,2 м - Светлосерая глина, светложелтая глина с мелкой кварцевой дресвой ? 2-3мм.	7006/4	5,0	7,0	2,0	960	150	10	300	500	20-25	5,4	
			2,3	2,8	0,5	100	100			3,2-4,5 м - Желтый цвет исчез, глина имеет светло-серый цвет, та же мелкая кварцевая дресва	7006/5	7,0	9,0	2,0	255	50	5	100	100	20-25	6,5	
			2,8	3,5	0,7	60	60			4,5-5,0 м - Цвет зерна меняется на ярко желтый. Глина содержит до 50% дресвы ? мм	7006/6	9,0	11,0	2,0	560	150	10	250	150	20-25	3,75	
			3,5	4,4	0,9	70	70			5,0-9,0 м - Цвет зерна снова становится светло-серым, желтые пропластики мощностью до 1 см отмечаются 3-4 на метр зерна.	7006/7	11,0	13,7	2,7	405	100	5	150	150	20-25	7,15	
			4,4	4,9	0,5	90	90			9,0-9,7 м - Дресва по гранитоидам со светло-серый глиной	7006/8	13,7	16,1	2,4	325	70	5	100	150	15-20	8,41	
			4,9	5,4	0,5	95	95			9,7-10,0 м - Керна аналогичен предыдущему интервалу.												
			5,4	5,6	0,2	80	80			10,0-12,0 м - Керна представлен глиной светлокоричневого цвета с мелкой дресвой ? 1мм.												
5,6	6,1	0,5	100	100	12,0-13,7 м - Керна представлен глиной светлокоричневого цвета, порой с розоватым оттенком.																	
6,1	6,6	0,5	100	100	13,7-16,1 м - Керна представлен дробленными гранитами розового цвета.																	
6,6	7,1	0,5	90	90	Скважина закрыта на глубине 16,1 м, как выполнившая геологическое задание, вскрывая неизменные коренные породы.																	
7,1	7,6	0,5	90	90																		
7,6	8,1	0,5	90	90																		
8,1	9,3	1,2	70	70																		
22.10.2013			9,3	9,7	0,4	40	40															
23.10.2013			9,7	10,0	0,3	30	30															
			10,0	12,0	2,0	25	25															
			12,0	13,7	1,7	30	30															
	59	Алмаз	13,7	14,6	0,9	20	20															
			14,6	16,1	1,6	40	40															

Рисунок 28 – Месторождение Шок-Карагай. Скважина 7006

дата смена	Диаметр бурения	Род истризации материалов	Поресовая узелка, м		Проход, интервал, м	Выход зерна, линейный %	Выход зерна, весовой, %	Шкала глубина и содержание ΣTR поцислов	Зарисовка зерна в масштабе 1:200	Описание пород	№ пробы	Интервал опробования, м			Содержание в г/т					Радиоактивность мкр/час	Вес пробы, кг											
			от	до								длина	TR ₂₋₃	Y	Yb	La	Ce															
26.10.2013	76	победит	0,0	0,4	0,4	100,0	100,0			<p>0,0-1,0 м - Почвенно- растительный слой, черный.</p> <p>1,0-1,7 м - Коричневая глина коры выветривания, загрязненная черноземом.</p> <p>В глине наблюдается структура материнских пород, встречаются включения белого каолина, размером до 1см</p> <p>1,7-2,3 м - Чистая светло-коричневая глина, описанная выше.</p> <p>2,3-3,2 м - Глина приобретает кирпично- красный цвет</p> <p>3,2-4,0 м - Интервал аналогичен выше описанному. Встречаются включения коричневой глины до 10 см по мощности или в диаметре.</p> <p>В глине отмечается дресва материнских пород и зерна кварца.</p> <p>4,0-6,5 м - Глина имеет кирпично-оранжевый цвет хорошо выдержанный по всему интервалу. В глине наблюдается дресва до 30-40%, представленная , в основном, зернами кварца.</p> <p>6,5-8,4 м - Глина приобретает кирпично-красный цвет с малиновым оттенком, та же дресва.</p> <p>8,4-9,5 м - Кери представлен глиной светло-бордового, светло-коричневого цвета. Внутри керна угадывается структура материнских пород. Дресва составляет 10-15% от объема.</p> <p>9,5-10,1 м - Глина снова представлена материалом с малиновым оттенком.</p> <p>10,1-13,6 м - Кери представлен, в основном, глиной светло-желтовато-серого, до кремого цвета с прослоями белого и красного цвета.</p> <p>13,6-16,8 м - Кери представлен глиной почти полностью красного цвета (фото)</p> <p>16,8-17,1м - Кери представлен глиной оранжево-розово-светло-серого цвета, в конце интервала увеличивается количество дресвы до 30%.</p> <p>17,1-17,5 м - Кери поднять не удалось, так он, по-видимому, представлен песчаной разновидностью.</p> <p>17,5-19,0 м - Кери представлен неизменными розовыми рогообманковыми гранитами.</p> <p>Скважина закрыта на глубине 19,0м, как выполнившая геологическое задание.</p> <p>Документировал (В. Бюйрин) 27 октября 2013г</p>	26.10.2013 г.	от	до	длина	TR ₂₋₃	Y	Yb	La	Ce	10-15												
			0	1	1	373	70					3	150	150																		
			7007/1	0	1	1	373					70	3	150	150	10-15																
			7007/2	1	1,7	0,7	131					10	1	50	70	10-15																
			7007/3	1	4	2,3	255					30	5	70	150	10-15																
			7007/4	4	6	2	127					50	7	20	50	15-20	4,9															
			7007/5	6	8,4	2,4	505					100	5	250	150	15-20	6,25															
			7007/6	8,4	10,1	1,7	255					50	5	50	150	15-20	4,45															
			7007/7	10,1	12	1,9	353					50	3	100	200	15-20	5,6															
			7007/8	12	14	2	247					70	7	100	70	15-20	5,17															
			7007/9	14	16	2	255					50	35	100	70	10-15	6,36															
			7007/10	16	17,1	1,1	275					50	5	150	70	10-15	5,78															
			нет зерна	17,1	17,5	0,4																										
			7007/11	17,5	19	1,5	875					300	25	250	300	15-20	1,74															
			26.10.2013			9,5	10,1					0,6	95,0	95,0																		
						10,1	10,6					0,5	90,0	90,0																		
						10,6	11,2					0,6	100,0	100,0																		
						11,2	11,8					0,6	90,0	90,0																		
						11,8	12,4					0,6	90,0	90,0																		
						12,4	13,1					0,7	90,0	90,0																		
			13,1	13,6	0,5	90,0	90,0																									
			23,6	14,2	0,6	90,0	90,0																									
			14,2	14,9	0,7	80,0	80,0																									
			14,9	15,9	1,0	90,0	90,0																									
			15,9	16,5	0,6	70,0	70,0																									
			16,5	16,9	0,4	80,0	80,0																									
	59	Алмаз	16,9	17,1	0,2	70,0	70,0																									
			17,1	17,5	0,4	0,0	0,0																									
			17,5	19,0	1,5	60,0	60,0																									

Рисунок 29 – Месторождение Шок-Карагай. Скважина 7007

Род истирающих материалов	Поресовая усадка, м		Пройден. интервал, м	Выход зерна, линейный %	Выход зерна, весовой, %	Шкала глубин и содержания ΣTR	Зарисовка зерна в масштабе 1:200	Описание пород	№ пробы	Интервал опробования, м			Содержание в г/т					Равновесность мкр/час	Вес пробы, кг
	от	до								от	до	длина	TR, CO ₂	Y	Yb	La	Ce		
победит	0	1	1	100	100	пониж	0,0-0,7м	Почвенно-растительный слой.	7008/1	0	2,5	2,5	68	35	3	20	10	10--15	5,8
	1	1,3	0,3	80	80	358	0,7-4,7м	Коричневая глина пластичная, изредка встречаются включения белого цвета (светло-серого) до нескольких сантиметров в диаметре.	7008/2	2,5	4,7	2,2	125	50	35	30	10	10--15	7,66
	1,3	2,5	1,2	70	70	404	4,7-8,2м	Единообразная пластичная глина коричневого цвета с бордовым оттенком. Внутри песка на ощупь не ощущается.	7008/3	4,7	8,2	3,7	130,00	50	35	30	15	10--15	9,38
	2,5	3,2	0,7	80	80	404	8,2-9,7м	Аналогичная глина, но чисто коричневого цвета, без бордового оттенка.	7008/4	8,2	9,7	1,5	82,00	30	30	15	7	10--15	3,46
	3,2	3,7	0,5	90	90	535	9,7-11,2м	Продолжение коричневой глины. В конце интервала встречен "желвак" желтовато-светло-серой глины.	7008/5	9,7	12,4	2,5	72,00	30	30	7	5	10--15	6,8
	3,7	4,2	0,5	90	90	268	11,2-12,4м	Глина резко меняет цвет на серовато-коричневый. Глины пластичные.	7008/6	12,4	14,9	2,5	142,00	70	50	15	7	10--15	6,1
	4,2	4	0,5	85	85	180	12,4-14,9м	Глина постепенно меняет цвет на бордово-коричневый. Изредка встречаются светлые зерна до 1мм, напоминающие черчит.	7008/7	14,9	16,9	2	42	30	2	5	5	10--15	3,97
	4,7	5,4	0,7	80	80	348	14,9-16,9м	Керн снова представлен пластичной коричневой глиной. Изредка (1 раз на 1м зерна) отмечаются вкрапленности красной глины (? 1см) и "желваки" светло-серой глины с кварцевой дресвой (1 раз на 0,5м зерна).	7008/8	16,9	18,9	2	32	20	2	5	5	10--15	4,86
	5,4	6,9	1,5	90	90	132	16,9-18,9м	Керн резко меняет цвет с коричневого на светло-серый, розовый до красного. В разрезе наблюдается тонкое чередование прослоев светло-серой глины с прослоями красной глины, мощность прослоев от долей мм до нескольких см. В результате керн порой имеет морковный цвет.	7008/9	19	21	2	145,00	70	50	20	5	10--15	5,12
	6,9	7,4	0,5	90	90	378	18,9-21,0м	Керн представлен светло-серой пластичной глиной, красная глина отмечается как примазки и составляет менее 10% от объема. Песчаного материала не чувствуется на ощупь.	7008/10	21	23	2	40	30	3	2	5	10--15	5,75
	7,4	8,2	0,8	80	80	426	21,0-23,0м	Интервал по цвету глины аналогичен вышеописанному. Отличием является появление мелкой <1мм дресвы, а также единичные включения буро-бардовый глины в виде эллипсоидов с размером длинной оси до 10см.	7008/11	23	25	2	195,00	100	70	15	10	15-20	5,09
	8,2	8,9	0,7	80	80	468	23,0-25,0м	Интервал аналогичен вышеописанному. Появились вместо красных включений оранжево-бурые.	7008/12	25	27	2	195	150	15	15	15	15-20	11,35
	8,9	9,7	0,8	70	70	658	25,0-27,0м	Керн становится исключительно светло-серым. Появляется большое количество дресвы кварцитов, до 30% от объема.	7008/13	27	29	2						10--15	7,77
	9,7	10,3	0,5	100	100		27,0-29,0м	В керне появляется большое, количество слабо измененной дресвы гранитоидов. В виду включения промывки, чтобы не смечь алмазные коронки, большая часть керна представлена шламом. С дресвой.	7008/14	29	30,9	1,9	200,00	150	10	30	10	10--15	0,6
	10,3	11,2	0,9	90	90		29,0-30,9м	В керне появились слабо измененные, гранитоиды вместе с размытой дресвой. Выход керна около 20%.											
	11,2	12,4	1,2	90	90		30,9-32,4м	Скважина закрыта ввиду поломки грязевого насоса на глубине 30,9м, как выполнявшая геологическое задание.											
	12,4	13,5	1,1	100	100		32,4-34,9м	Документировал (В. Бюйрин) 30 октября 2013г											
	13,5	14,9	1,4	80	80														
	14,9	16,2	1,3	90	90														
	16,2	16,7	0,5	80	80														
	16,7	18,4	1,7	80	80														
	18,4	19,9	1,5	90	90														
	19,9	21,2	1,3	90	90														
	21,2	22,7	1,5	90	90														
	22,7	23,4	0,7	80	80														
	23,4	24,7	1,3	80	80														
	24,7	25,4	0,7	80	80														
	25,4	27,1	1,7	70	70														
	27,1	27,4	0,3	80	80														
Алмаз	27,4	29	1,6	40	40														
	29	30,9	1,9	20	20														

Рисунок 30 – Месторождение Шок-Карагай. Скважина 7008

Моделирование границы и формы рудных тел. Картографические материалы в виде геологической карты и геологических разрезов, а также результаты спектрального анализа по всем отобранным пробам (скв. № 7001-7008) были приняты в качестве фактических материалов для составления цифровой базы данных при построении трехмерных геологических моделей для данного месторождения.

Моделирование пространственных границ рудных тел производилось по компьютерной программе MicroMine. За основу каркасной модели брались границы рудного тела по бортовому содержанию ΣTR на 0,07%, 0,10%.

Каркасная модель литологического строения месторождения Шок-Карагай. Моделирование литологического строения участка проводилось по литологическим границам, полученным по данным геологической колонки скважин 2012-2013 г. (рисунок 31).

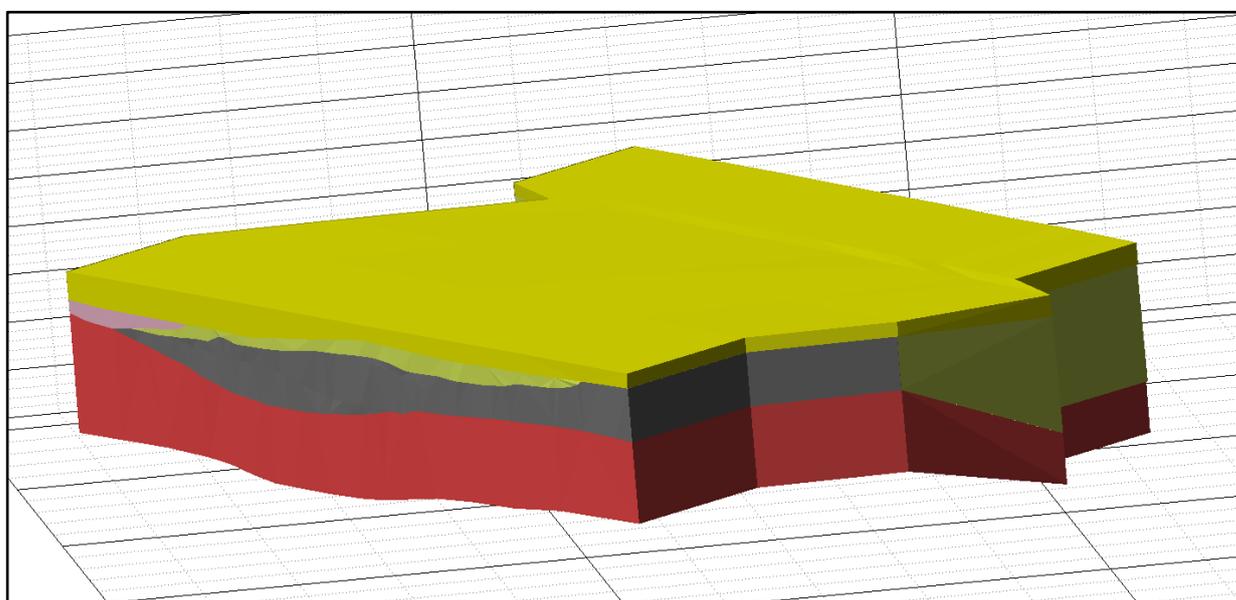


Рисунок 31– 3D модель литологического строения месторождения Шок-Карагай

Здесь выделены следующие литологические слои: граница неоген-четвертичных отложений (желтый цвет), граница коры выветривания (темно-серый цвет) мезозоя, граница коренных пород (красный цвет), принимающие участие в строении данного месторождения.

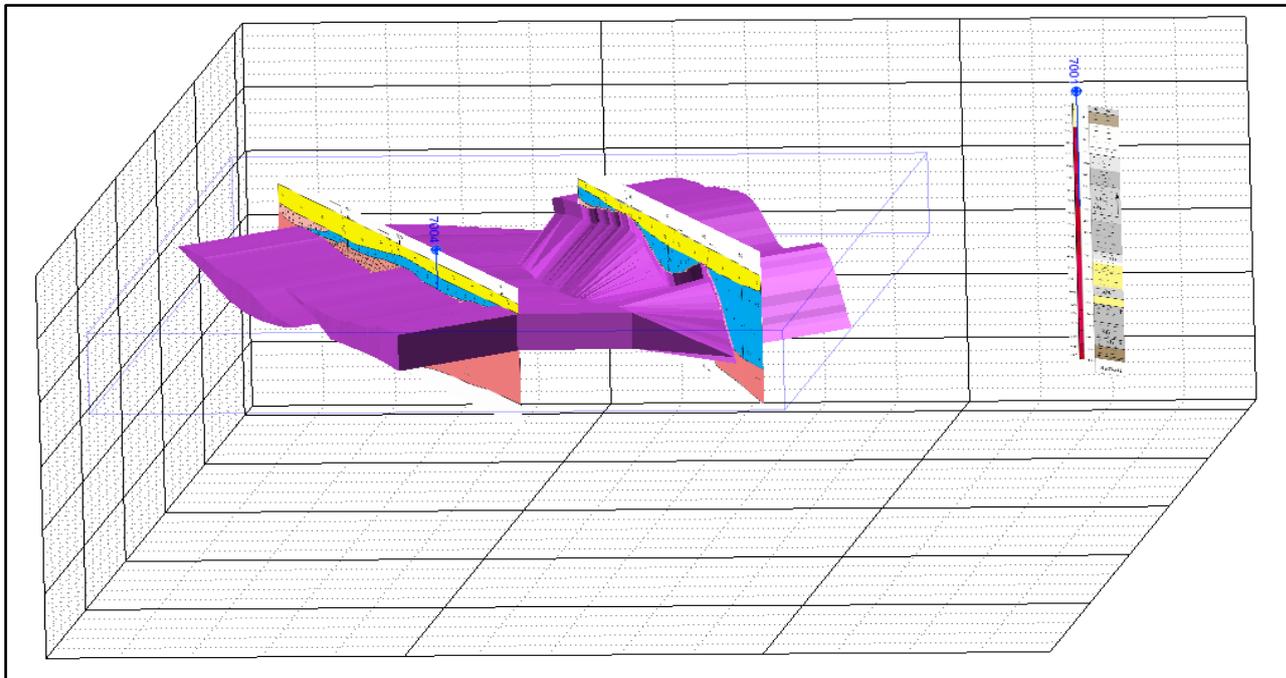
1) Покровный чехол – это разрез кайнозойских отложений, так называемые «покровные суглинки современного звена четвертичной системы», которые залегают в виде сплошного чехла на породах различного возраста, залегающих почти горизонтально с размывом на корях выветривания и имеющих мощность обычно 0,5-5,0 м.

2) Кору выветривания мезозойского возраста мощностью от единиц до нескольких десятков метров (в среднем 25-30 м), залегающие практически горизонтально в виде плаща насыщены РЗЭ, где в них содержания суммы редких земель 0,07% - отражены сиреновыми, 0,10% - зелеными цветами.

3) Коренные породы – это гранит-порфиры, вероятно, пермского возраста.

Модели рудных тел, построенные по вышеуказанным геологическим разрезам (3-3, 5-5), оконтуривались по бортовому содержанию суммы редких земель 0,07% и 0,10% (2013 г) (рисунок 32).

А



Б

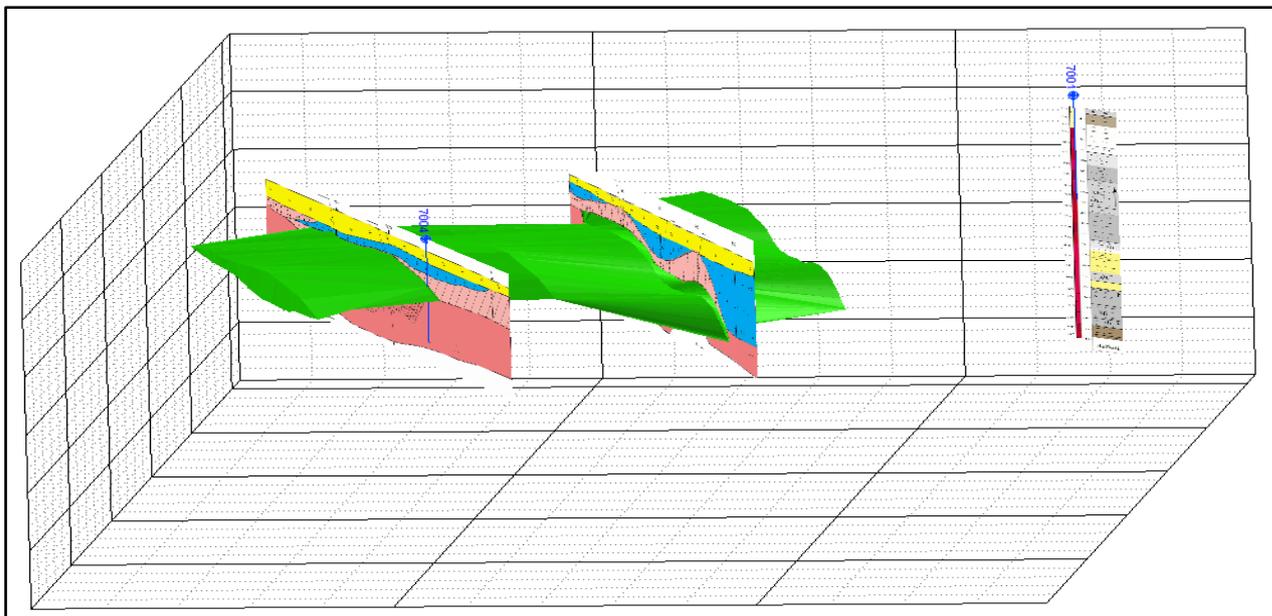


Рисунок 32 – 3D каркасные модели рудных тел с различными содержаниями РЗЭ (А– 0,07%, Б– 0,10%), проходящие через разведочные профили 3-3, 5-5

Результаты 3D модели месторождения Шок-Карагай привели к следующим заключениям:

- формы рудных тел не сложные, простые, в виде вытянутого пласта. Геометрические параметры участка 1000×350 м (рисунок 32: А, Б). Такие простые формы рудных тел предопределяются развитием линейной коры выветривания, где развиты зона дробления, тектонические нарушения. Кроме того, рудные тела с различным содержанием РЗЭ имеют разные мощности, наиболее мощным рудным телом является пласт с содержаниями РЗЭ в пределах 0,07%;

- оконтуривание границы рудных тел по содержанию РЗЭ позволяет установить некоторую закономерность их распределение по месторождению Шок-Карагай. Визуализация содержаний РЗЭ на месторождении показывает, что здесь наиболее широко распространено содержание редкоземельных элементов в пределах 0,07%, а в его южной части оно увеличивается до 0,10% (рисунок 33, 34). Просмотр модели рудного тела снизу показывает, что в нижних горизонтах месторождения увеличивается содержание редкоземельных элементов. Следовательно, существует зональность в распределении содержаний редкоземельных элементов на данном месторождении (рисунок 35).

Это объясняется тем, что источником редкоземельных элементов являются альбитизированные и грейзенизированные граниты и гранит-порфиры дальненского комплекса. Поэтому чем ближе к источнику, тем выше в корах выветривания содержания редкоземельных элементов на месторождении Шок-Карагай.

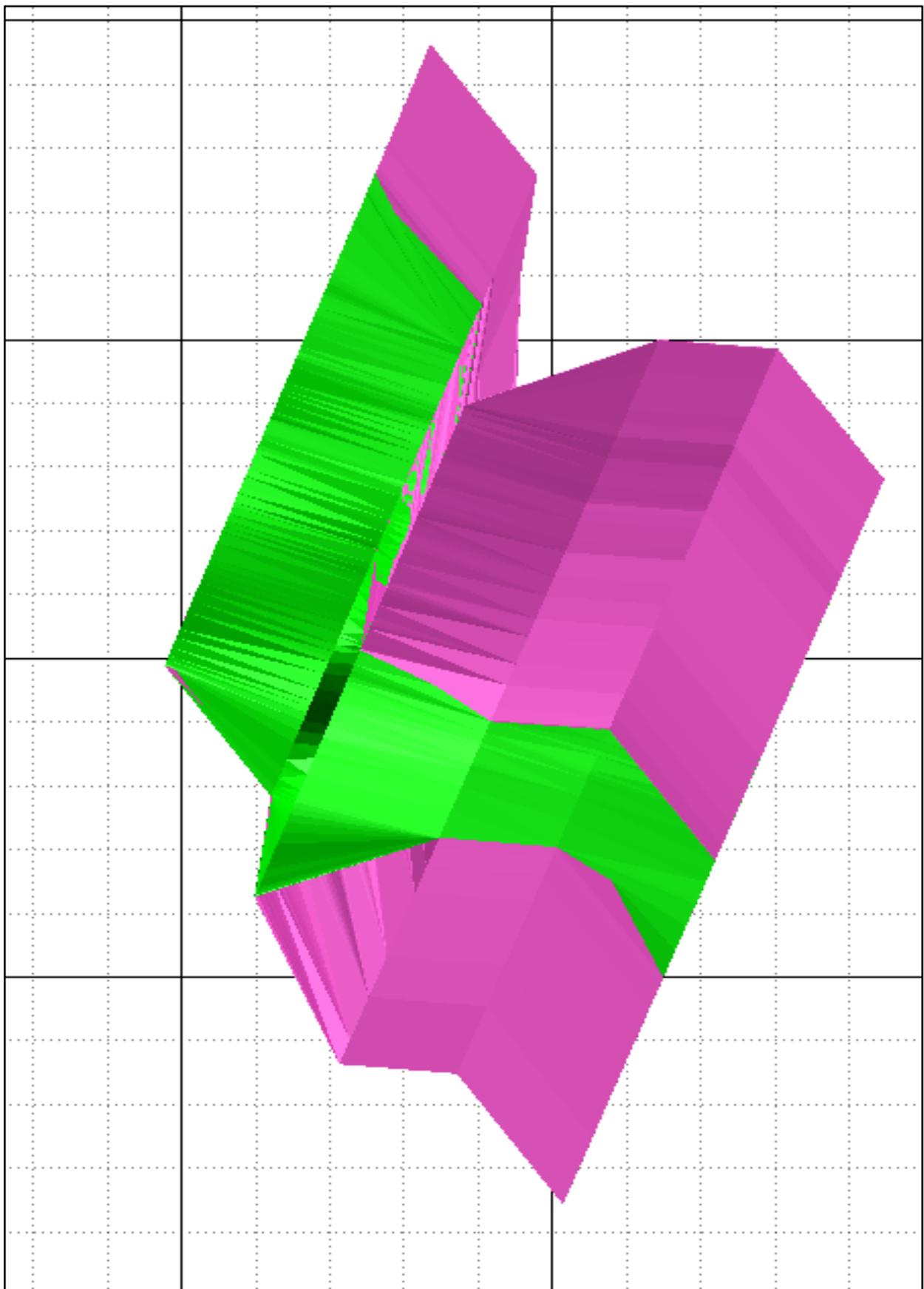


Рисунок 33 – 3D модель рудного тела (вид снизу)
месторождения Шок-Карагай.
Содержание: зеленый – 0,1%, сиреневый – 0,07%

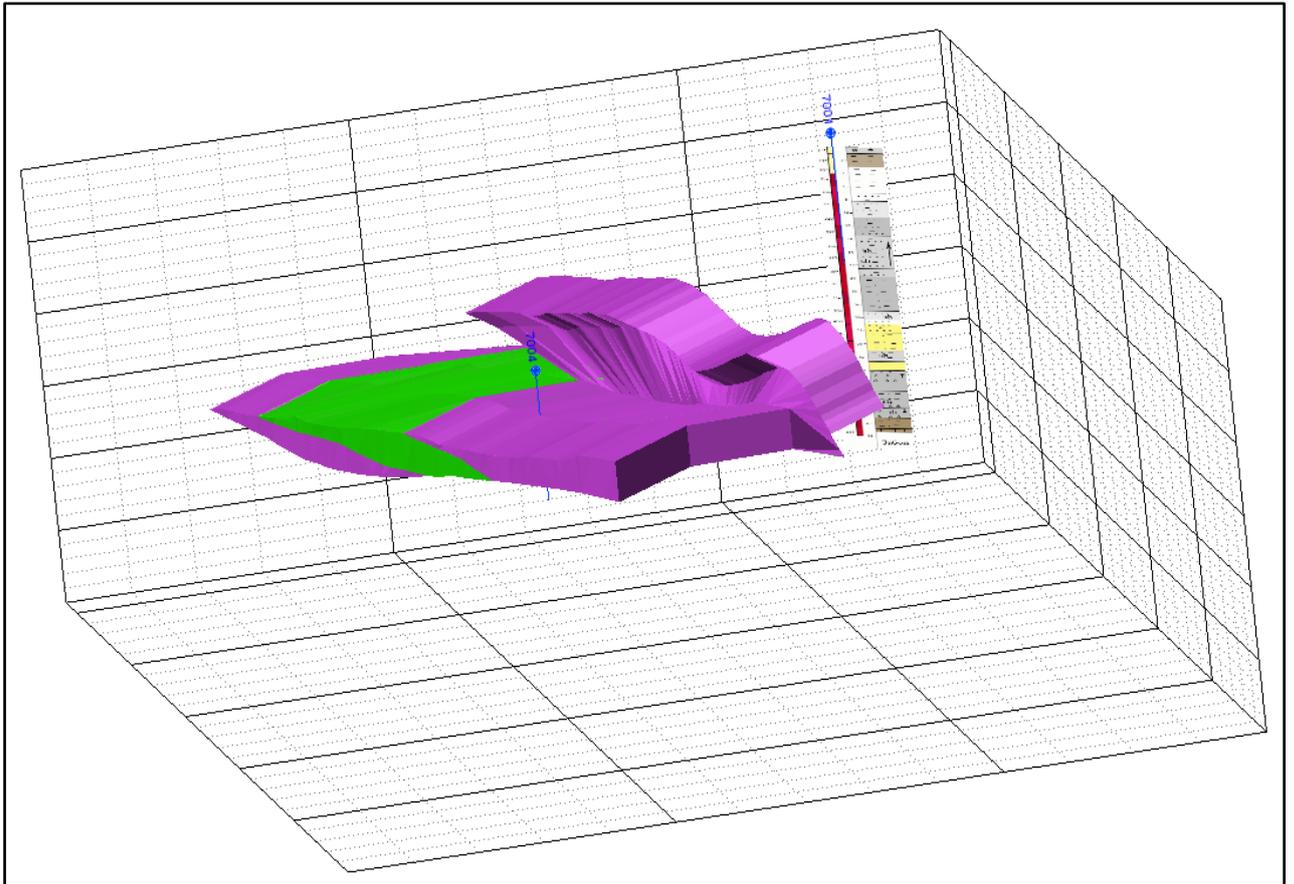


Рисунок 34 – 3D модель рудного тела месторождения Шок-Карагай содержаниями РЗЭ (зеленый – 0,10%, сиреневый – 0,07%)

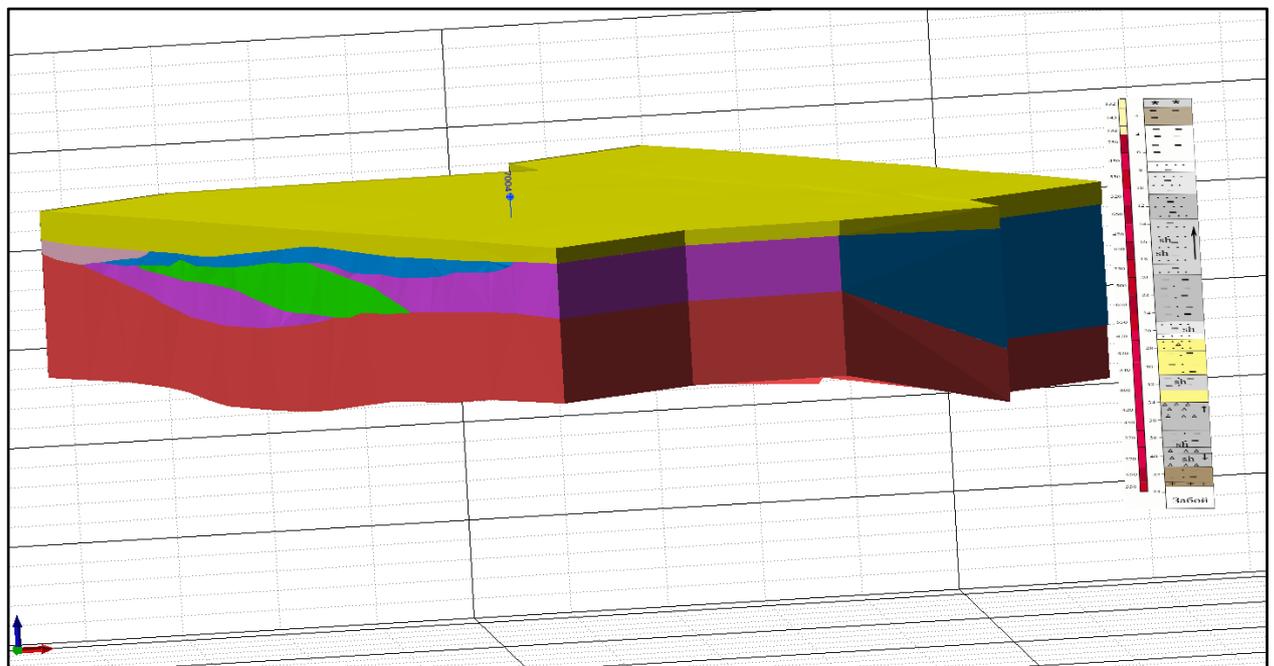


Рисунок 35 – 3D модель месторождения Шок-Карагай (вид сбоку) содержаниями РЗЭ (зеленый – 0,10%, сиреневый – 0,07%)

Продолжение рудных тел. Кроме того, скважины №№ 7001, 7003, 7006 были заданы по простиранию известных рудных тел месторождения Шок-Карагай с целью определения возможности их продолжения. Моделирование границ рудных тел по бортовому содержанию суммы редких земель 0,07% и 0,10% показало, что такие возможности имеются, в этом случае рудные тела являются более протяженными до 2 км и расширяются границы зон редкоземельной минерализации на данном месторождении (рисунок 36-38).

На продолжениях основного рудного тела редкоземельные элементы определены в пределах бортового содержания 0,07% (рисунок 37).

Следовательно, **перспективность месторождения Шок-Карагай определяется расширением границы рудных тел по простиранию.**

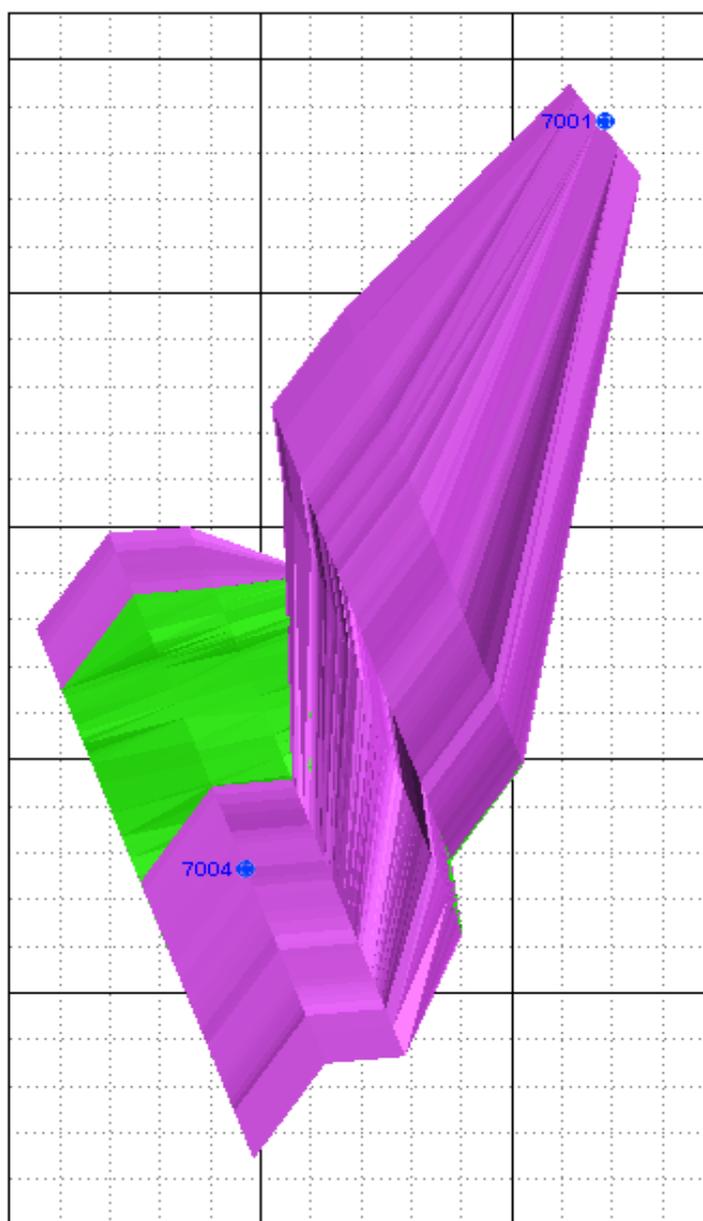


Рисунок 36 – 3D модель рудного тела в плане (вид сверху) с учетом перспективной площади (продленного до скважины 7001).
Содержание: зеленый – 0,1%, сиреневый – 0,07%

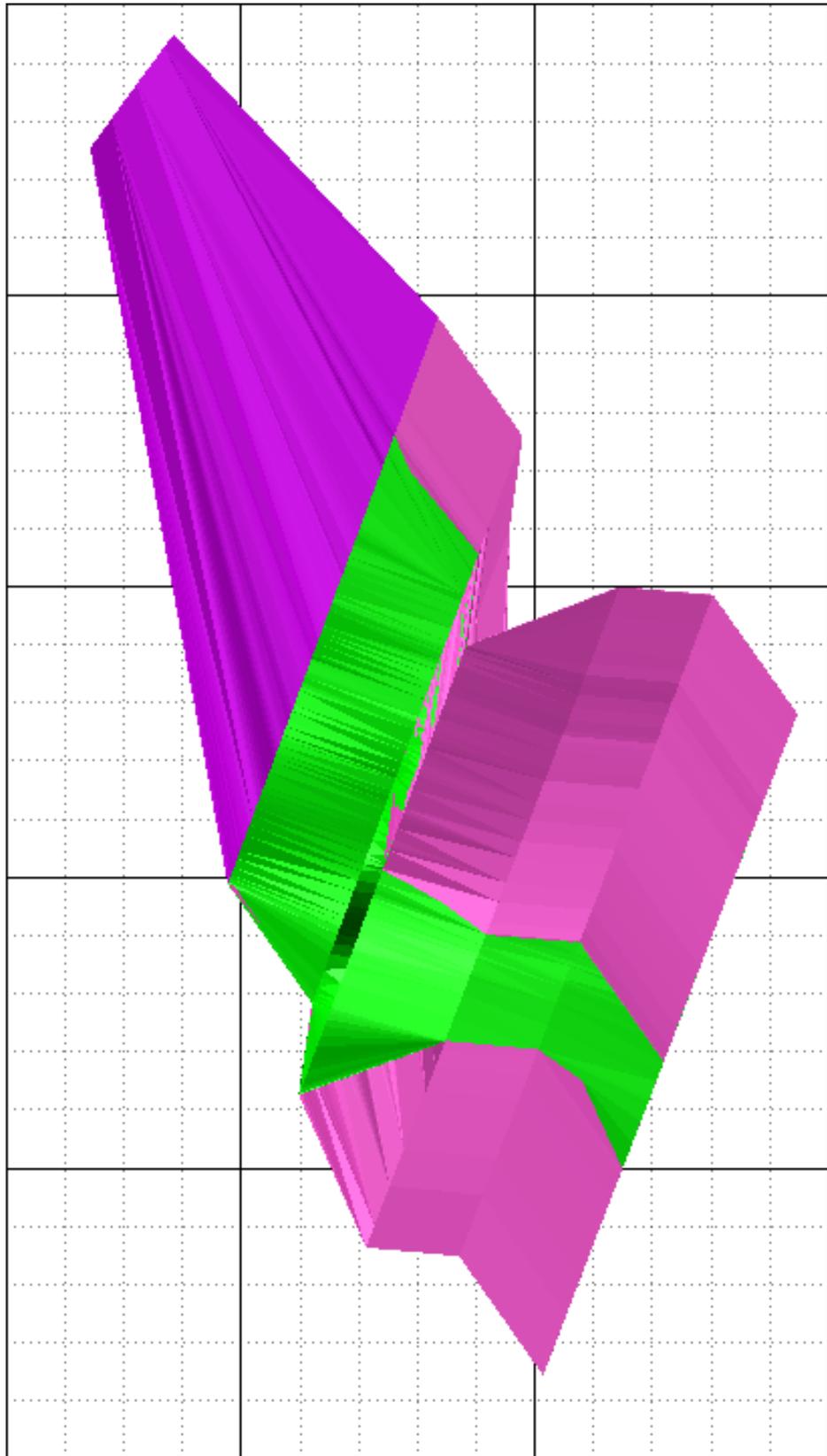


Рисунок 37 – 3D модель рудного тела
(вид снизу) с учетом перспективной площади.
Содержание: зеленый – 0,1%, сиреневый – 0,07%

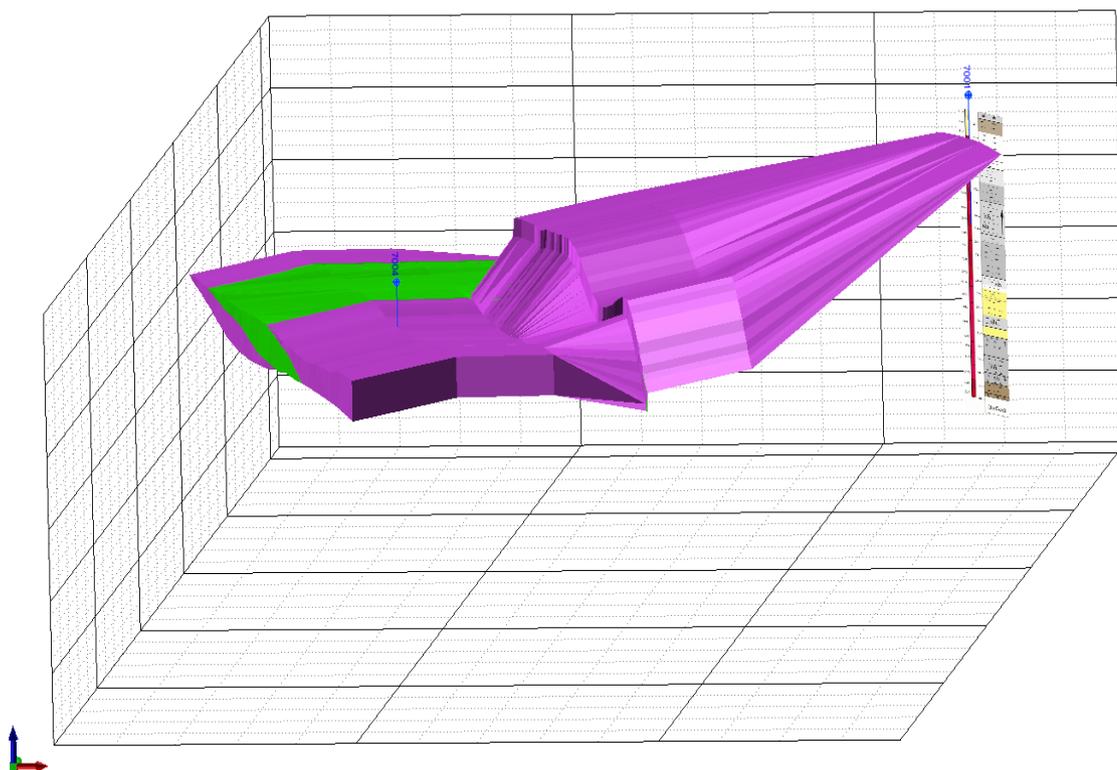


Рисунок 38 – 3D модель рудного тела с учетом перспективной площади.
Содержание: зеленый – 0,1%, сиреневый – 0,07%

4.2 Петрофизическая модель месторождения

Как было уже отмечено многими исследователями для месторождений коры выветривания характерно отсутствие четкой дифференциации пород и руд по физическим свойствам [80, 81]. Причиной является сравнительно небольшие мощности горизонтов, обогащенных рудными минералами и пологое залегание рудовмещающих толщ. Поэтому рудные поля таких месторождений и отдельные рудные тела, не создают контрастных аномалий в физических полях, а геофизические методы применяют в основном для решения структурно-картировочных задач, связанных с выделением рудоконтролирующих структур и литолого-петрографическим расчленением пород.

Исходя из этого, *петрофизическая модель Сырымбетского рудного поля* составляется по палеозойским породам, как источник редкометалльно-редкоземельной рудной минерализации (рисунок 39).

Характеристика	Стратиграфическая колонка	Возраст пород	Плотность, г/см ³	Магнитная восприимч., $\chi \cdot 10^6$ СГС	Естественная радиоактивность (гамма-активность) мкр/час																								
			2.60	2.70	2.80	2.90	3.00	Фоновая		Аномальная																			
			10		20		30		40		120		10		25		40		55		70		20		50		80		110
Гранит-порфир		$\gamma\pi D_{2-3} \check{c}K$	2.6	121	66	83																							
Граниты порфиroidные		$\gamma\pi D_{2-3} \check{c}K$	2.7	18	15	58																							
Гранодиориты биотит роговообманковые		$\gamma\delta D_{2-3} \check{c}K$	2.69	37	19	28																							
Гранодиориты		$\gamma\delta D_{2-3} \check{c}K$	2.75	22	18	30																							
Граниты щелочные		$\gamma D_{2-3} \check{c}K$	2.62	27	54	78																							
Граниты роговообманковые		$\gamma D_{2-3} \check{c}K$	2.80	30	51	83																							
Кварцитопесчаники		$R_{1-2}kk$	2.65	13	—	—																							
Кварциты		$R_{1-2}kk$	2.74	10	—	—																							
Сланцы кварц-серицитовые		$R_{1-2}kk$	2.69	14	—	—																							
Сланцы хлорит-серицитовые		$R_{1-2}kk$	2.77	22	—	—																							
Сланцы кристаллические (биотит-серицитовые, кварц-мусковитовые)		$PR_{1-2}zr$	2.73	33	—	—																							
Гнейсы биотитовые		$PR_{1-2}zr$	2.70	21	—	—																							
Гранито-гнейсы		$PR_{1-2}zr$	2.68	24	—	—																							
Амфиболиты		$PR_{1-2}zr$	2.95	41	—	—																							

Рисунок 39 – Петрофизическая модель Сырымбетского рудного поля

Анализируя петрофизическую модель Сырымбетского рудного поля можно сделать некоторые заключения:

1. В основном метаморфические породы ($2,70-2,80 \text{ г/см}^3$) и амфиболиты ($2,95 \text{ г/см}^3$) характеризуются высокой плотностью. Эти породы сложены минералами, обладающими большой плотностью, с высокими содержаниями тяжелых элементов. Плотность гранитных массивов колеблется в пределах от $2,60$ до $2,70 \text{ г/см}^3$;

2. Наблюдается распределение магнитной восприимчивости в растянутом диапазоне. Наибольшим значением магнитной восприимчивости обладает гранит-порфиры девонского возраста ($121 \chi \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$), а наименьшим ее значением – кварциты и кварцитопесчаники ($10-13 \chi \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$). Как видно, по магнитной восприимчивости выделяются гранит-порфиры (высокая восприимчивость), что связано с наличием в составе пород железистых минералов. Остальным породам свойственна невысокая магнитная восприимчивость;

3. Высоким радиоактивным фоном выделяются граниты роговообманковые (133 мкр/час) и гранит-порфиры (83 мкр/час), что связано с наличием радиоактивных металлов в гранитоидах. Метаморфические породы не обладают радиоактивным фоном.

Петрофизическая модель месторождения Шок-Карагай. Геологические колонки, построенные в результате буровых работ, и 3D модель литологического строения месторождения позволили создать обобщенный литологический разрез по данному месторождению. Петрофизические свойства пород по обобщенному литологическому разрезу месторождения рассматривались как модель, построенная в табличном виде (рисунок 40).

В обобщенном литологическом разрезе месторождения Шок-Карагай выделяются (снизу-вверх):

- коренные породы, щелочные гранитоиды, плотность их значится в пределах $2,62 \text{ г/см}^3$, магнитная восприимчивость в пределах $121 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$. Они являются источниками РЗЭ, и по ним образовалась кора выветривания с мощностью до 40 метров и более, состоящей из нескольких зон;

- глинисто-щебенистая зона, плотность ее значится в пределах $2,45 \text{ г/см}^3$, магнитная восприимчивость в пределах $17 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$, она связана тем, что щебенисто-глинистая зона представлена рыхлой породой, часто равномерно окрашенной гидроокислами железа и марганца в ржаво-бурые цвета;

- зона охристо-бурых каолиновых глин с кварцевым песком, плотность ее значится в пределах $2,40 \text{ г/см}^3$, магнитная восприимчивость в пределах $15 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$. Порода бесструктурная, состоит из светло-серого каолинита и редких зерен кварца (до 5-7%). Иногда неравномерно окрашена гидроокислами железа в ржаво-бурые тона;

- зона охристо-желтых глин с прослоями белых каолинов, плотность ее значится в пределах $2,40 \text{ г/см}^3$, магнитная восприимчивость в пределах $15 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$;

- зона бурых глин и суглинков, плотность ее значится в пределах $2,34 \text{ г/см}^3$, магнитная восприимчивость в пределах $15 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$;

- зона почвенно-растительного слоя, которые залегают в виде сплошного чехла, плотность ее значится в пределах $2,25 \text{ г/см}^3$, магнитная восприимчивость в пределах $30 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$;

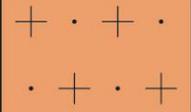
Характеристика	Стратиграфическая колонка	Возраст пород	Интервал	Плотность, г/см^3	Магнитная восприимч., $\chi \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$
					
Почвенно-растительный слой		Q	0 - 1	2.25	30.0
Бурые глины и суглинки		P ₂	1 - 41.3	2.34	15.0
Охристо-желтые глины, с прослоями белых каолинов		P ₂		2.40	15.0
Охристо-бурые каолиновые глины с примесью кварцевого песка		P ₂		2.40	15.0
Глинисто-щебенистый элювий		P ₂		2.45	17.0
Гранит-порфир		γпD ₂₋₃ щК	41.3-43.3	2.62	121

Рисунок 40 – Петрофизическая модель месторождения Шок-Карагай

В целом, петрофизическая модель месторождения позволила выделить следующие особенности:

- по площади месторождения наблюдается зональность по петрофизическим свойствам пород, где с глубиной увеличивается значения плотности. Достаточно высокая плотность наблюдаются у гранитоидов ($2,62 \text{ г/см}^3$) и глинисто-щебенистой зоны ($2,45 \text{ г/см}^3$), самая низкая у зон почвенно-растительного слоя ($2,25 \text{ г/см}^3$);

- высокие значения магнитной восприимчивости наблюдаются в гранитоидах ($121 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$), остальные имеют невысокие значения магнитной восприимчивости в пределах от $15 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$ до $30 \cdot 10^{-6} \text{ СГС}$.

5 ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ШОК- КАРАГАЙ И ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ ЭКЗОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕДКОЗЕМЕЛЬНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

5.1 Анализ рудоконтролирующих факторов месторождений полезных ископаемых

Как известно, рудоконтролирующие факторы (РФ) – это вещественное выражение причин и условий формирования полезного ископаемого. Рудоконтролирующие факторы различаются по масштабу действия. Одни из них контролируют рудные районы, другие – рудные поля, третьи – рудные тела и т.д. Во-вторых, в рудообразовании участвуют разные геологические процессы: разрывные, складчатые, вулканические, литологические (стратиграфические), магматические и др. В связи с этим выделяются следующие виды рудоконтролирующих факторов [82-88]:

- химические и физико-механические, отражают свойства горных пород (состав, пористость, трещиноватость и др.), благоприятные для рудоотложений. В сочетании со структурными литологическими факторами часто определяют пути движения рудных растворов, локализацию оруденения и форму рудных тел. В ряде случаев литологические особенности вмещающих горных пород оказывают влияние и на состав магмамагматических пород и послемагматических растворов, обуславливая ассимиляционную металлогеническую специализацию магмы;

- литолого-стратиграфические – закономерная приуроченность полезного ископаемого к осадочным и осадочно-вулканогенным породам определенного состава и возраста;

- стратиграфические – возраст горных пород, как причина или условие локализации в них оруденения. Часто проявляются не в чистом виде, а как факторы литолого-стратиграфические;

- структурные – элементы складчатых и разрывных структур и их сочетания, влияющие на размещение месторождений и рудных тел, благоприятные для оруденения свойства горных пород в сочетании с определенными тектоническими элементами (литолого-структурные факторы), элементы структуры интрузивных массивов;

- структурно-магматические – геологические структуры, возникшие в связи с образованием комплексов магматических пород, а также морфология, структура, прототектоника интрузивных тел, благоприятные для оруденения; сравнимые глубины формирования магматических пород и рудных месторождений, указывающие на общность фациальных условий этого формирования; зональность оруденения различных типов; размещение оруденения по отношению к интрузиям и т. д.;

- литолого-структурные – сочетание литологических и структурных факторов, обуславливающие закономерную приуроченность полезного ископаемого к определенной среде, благоприятной для рудоотложения горных пород;

- геоморфологические – формы рельефа, определяющие локализацию экзогенного оруденения (кор выветривания, россыпей), а также глубина эрозионного среза. Для месторождений кор выветривания – это формы рельефа в момент образования и современное их соотношение, для россыпей – положение древних и современных русел, террас, морских и озерных береговых линий и т.д.;

- магматические – свойства магматических пород, обуславливающие проявление оруденения. Связь оруденения с магматизмом в наиболее широком смысле определяют известные положения о наличии интрузивных комплексов со специализированной рудоносностью и о связи интрузивных комплексов с рудными для различных этапов развития подвижных поясов и о значении тектономагматических факторов;

- метаморфические – метаморфизм горных пород, как причина или условие локализации в них оруденения. Метаморфогенные процессы часто приводят к весьма существенным изменениям горных пород и генетически связанных с ними месторождений полезных ископаемых. При этом могут не только метаморфизоваться существующие, но и создаваться новые месторождения, в частности, за счет горных пород до того не имевших промышленного интереса (например, образование месторождений кровельных сланцев), или в связи с коренным изменением первоначальных свойств полезного ископаемого (например, образование месторождений графита как продукта метаморфизма каменных углей).

В настоящее время результаты металлогенических исследований являются основой для создания базы числовых данных по установлению рудоконтролирующих факторов МПИ, где широко используется ГИС технология.

В ГИС картографическая информация представляется совокупностью картографических покрытий (слоев). Они формируются из картографических объектов, связанных с базами данных и составляющих так называемую базу геоданных (БГД). Задача выбора минимально допустимого числа факторов анализа для геолого-картографического моделирования связана с качественным и количественным составом БГД. В этом случае, полная БГД состоит из трех частей: *топографической и геологической* (в том числе геофизической) *основ и данных ДЗ* (дистанционного зондирования).

В конечном результате, процесс прогнозирования заключается в выделении участков с наиболее благоприятным сочетанием рудоконтролирующих факторов, которые и рассматриваются как перспективные.

5.2 Рудоконтролирующие факторы, перспективные рудные участки в районе месторождения Шок-Карагай и оценка их ресурсов

Для составления базы цифровых данных (геоинформационной системы) по месторождению Шок-Карагай были использованы результаты:

- минералогических исследований;
- модельных построений в 3D формате;

- картографическая информация (геологические карты и карты геофизических аномалий);

- космоснимки района месторождения с привязкой разведочных скважин 2013 года (ДЗЗ).

Рудоконтролирующие факторы. В результате систематизации и анализа фактических материалов и данных ГИС – технологии (слои карт) установлены следующие исходные данные, позволяющие систематизировать рудоконтролирующие факторы месторождения Шок-Карагай (рисунки 41-47):

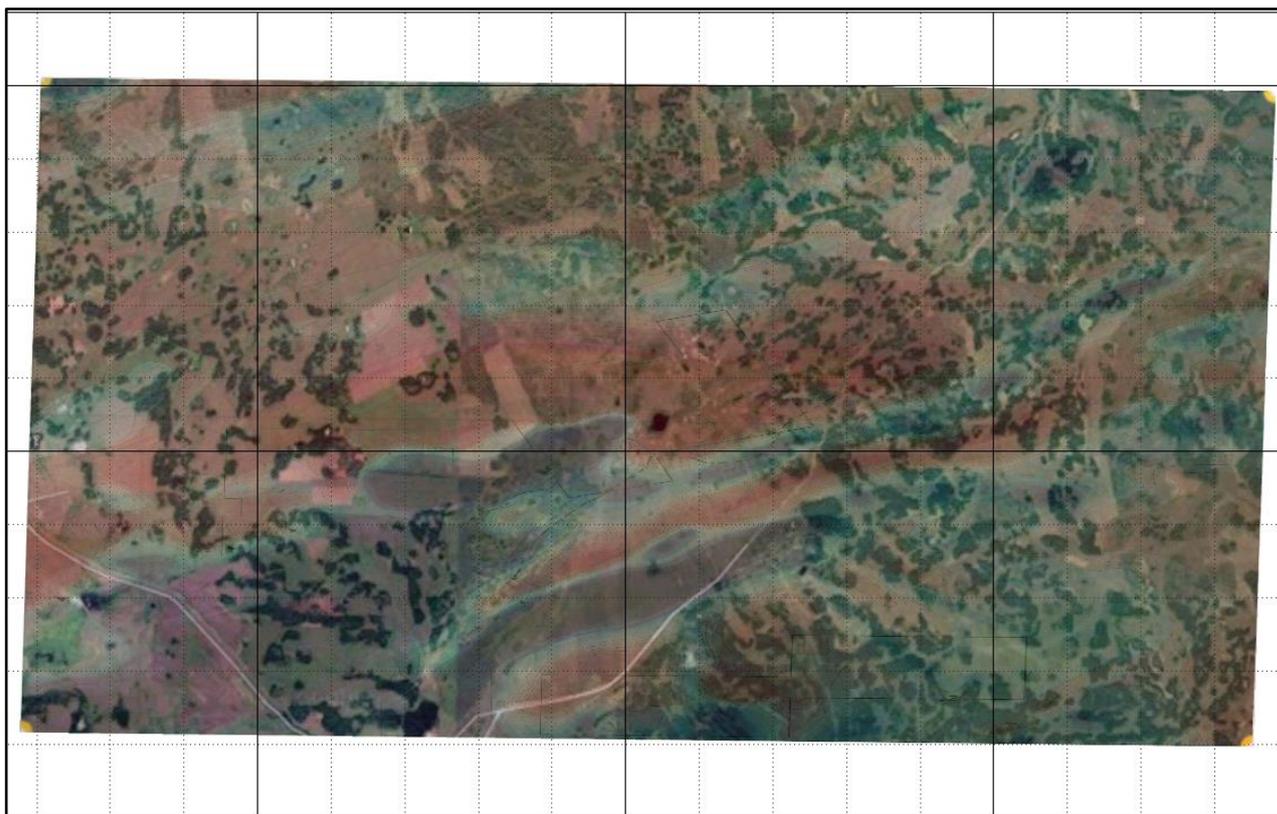


Рисунок 41 – Космоснимок Сырымбетского поля в плане.
Масштаб: 1:25000

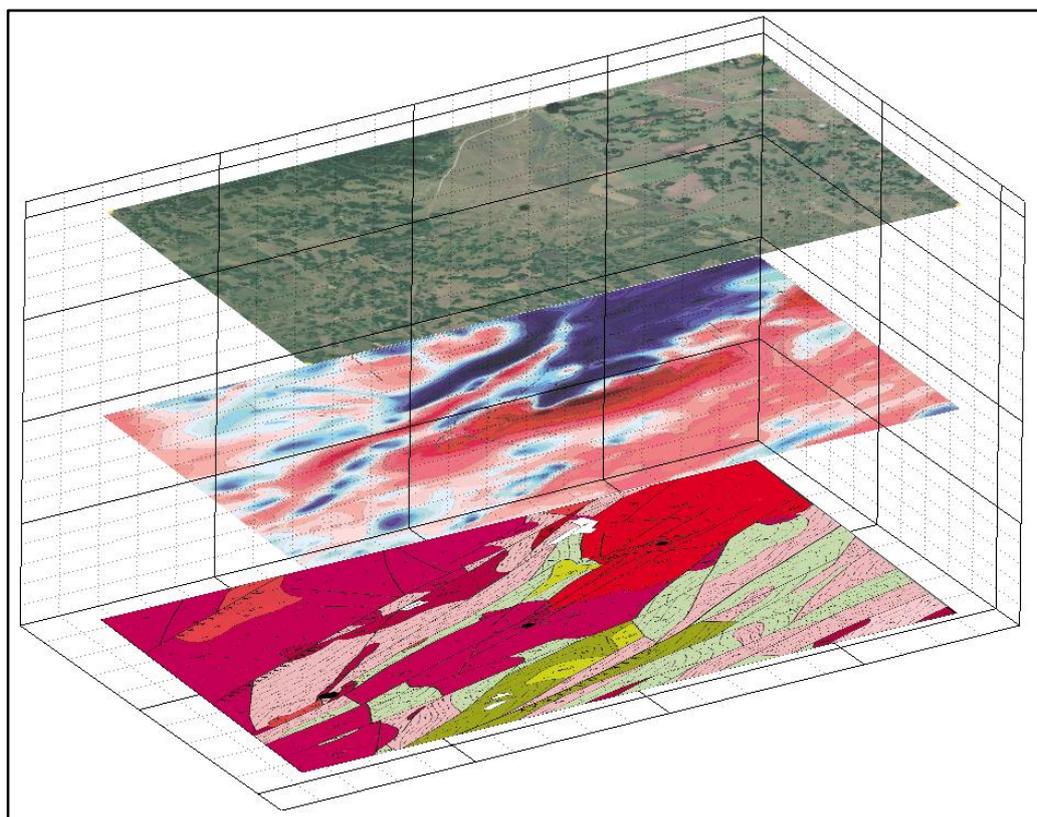


Рисунок 42 – Слои карт в 3D формате. Сверху вниз: космоснимок, карта магнитных аномалий и геологическая карта Сырымбетского поля.
Масштаб: 1:25000

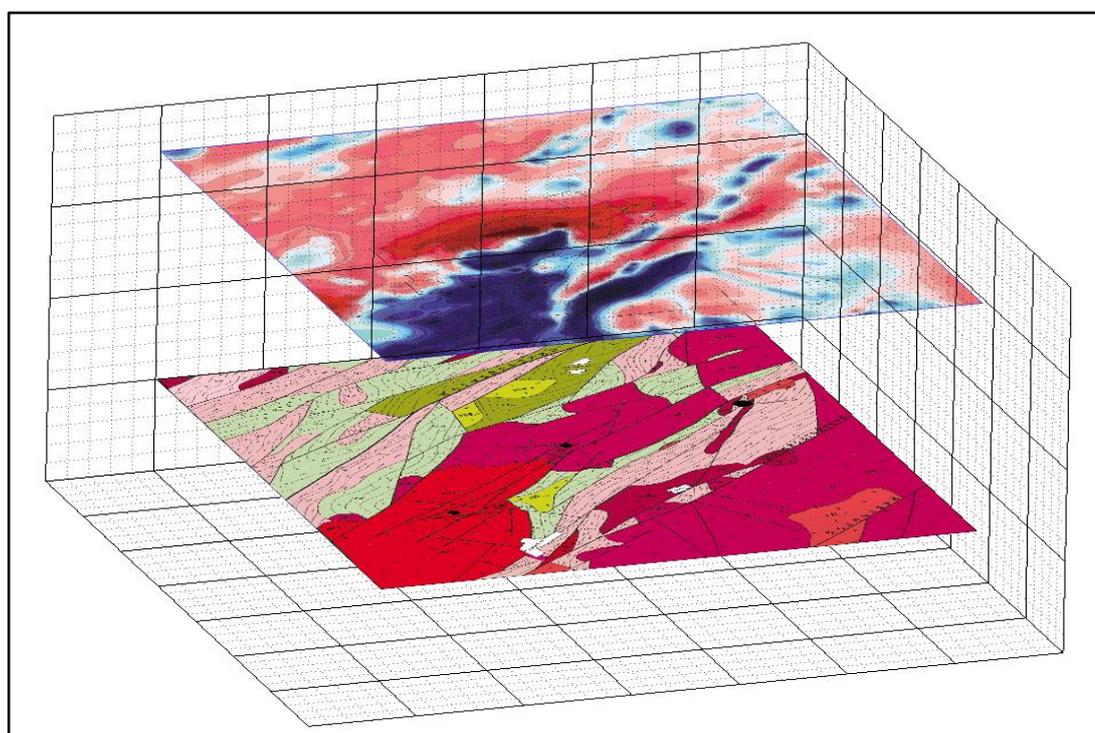


Рисунок 43 – Слои карт Сырымбетского поля в 3D формате. Сверху вниз: карта магнитных аномалий, геологическая карта рудного поля.
Масштаб: 1:25000

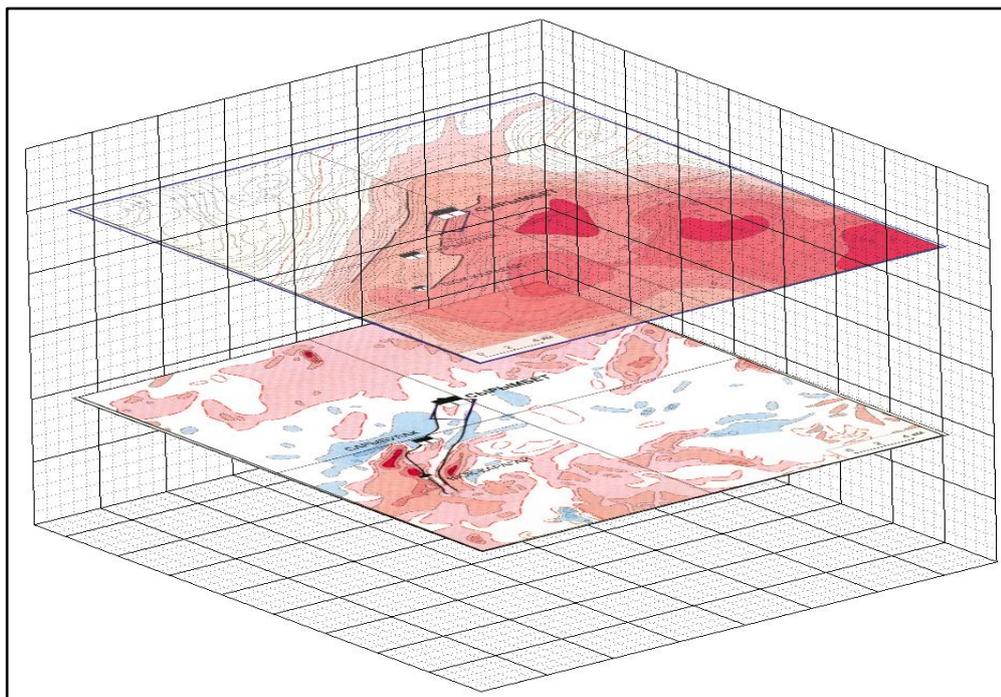


Рисунок 44 – Слои карт Сырымбетского поля в 3D формате.
 Сверху вниз: карта аномалий силы тяжести, карта магнитных аномалий.
 Масштаб: 1:200000

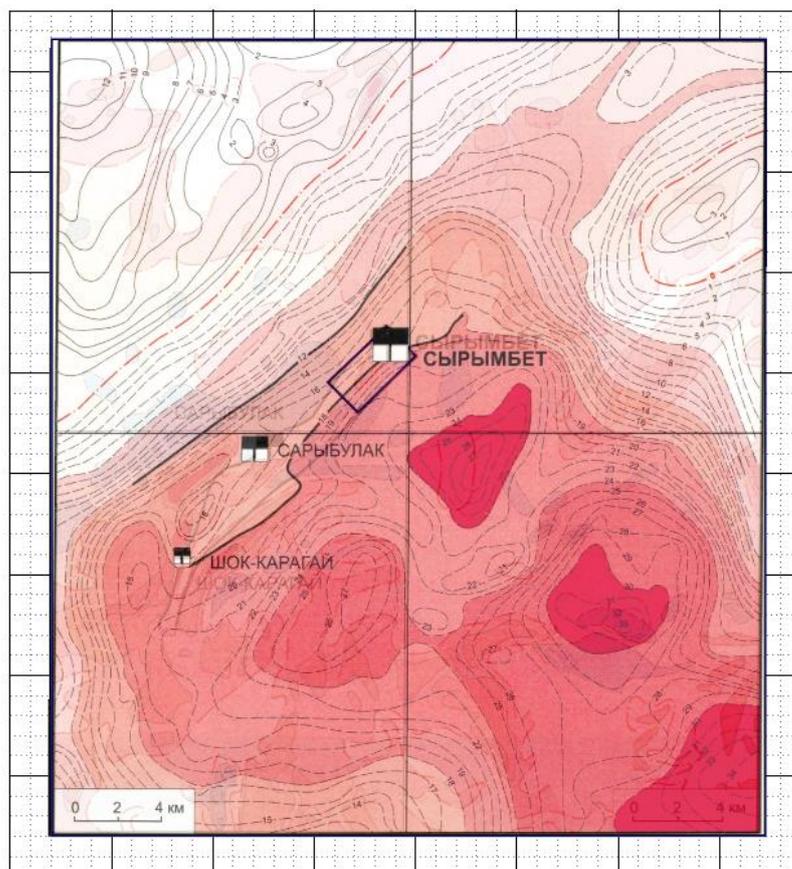


Рисунок 45 – Карта аномалий силы тяжести Сырымбетского поля в плане:
 Масштаб: 1:200000

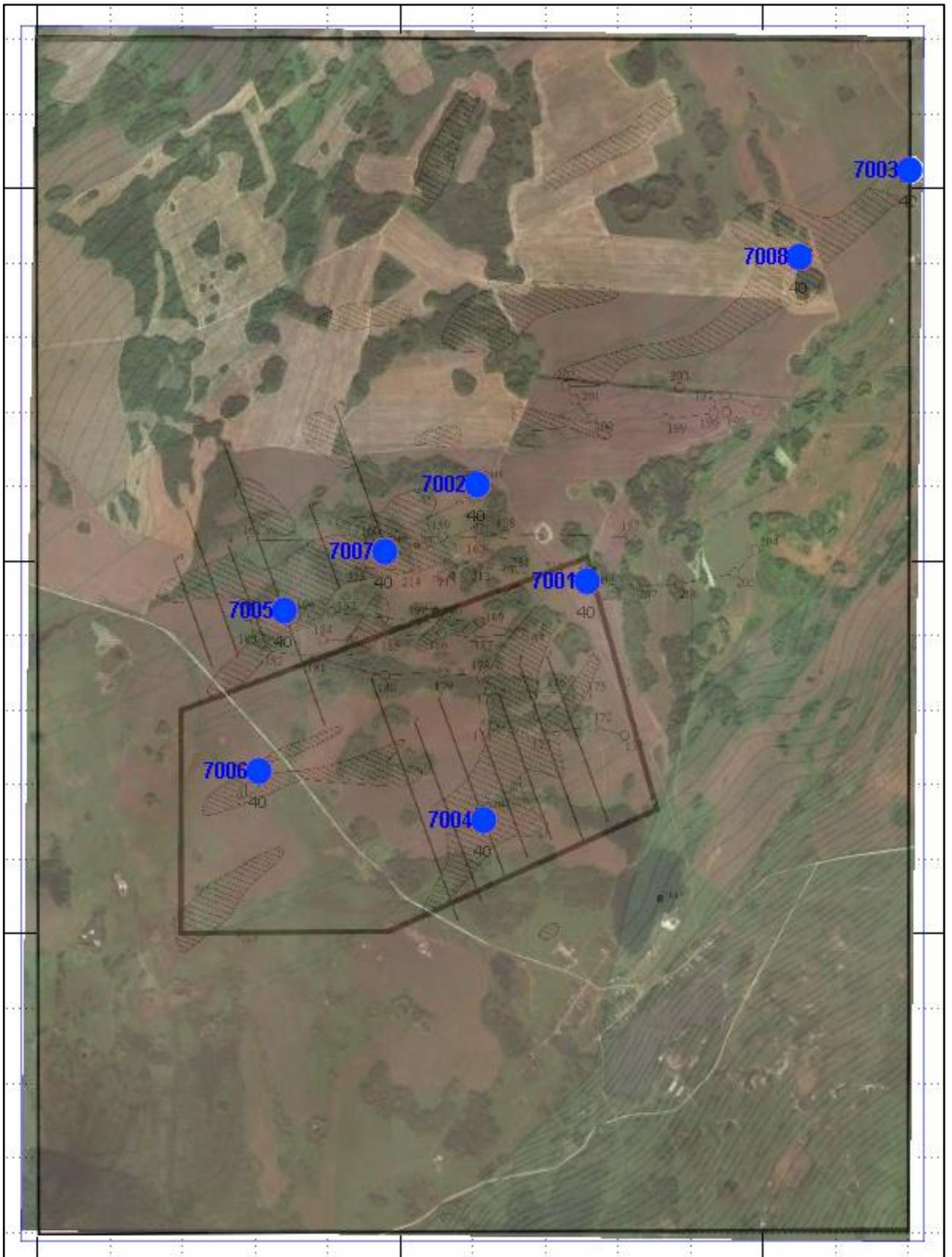


Рисунок 46 – Космоснимок месторождения Шок-Карагай с нанесением разведочных скважин 2012 г. в плане.
Масштаб: 1:25000 [49,с. 88]

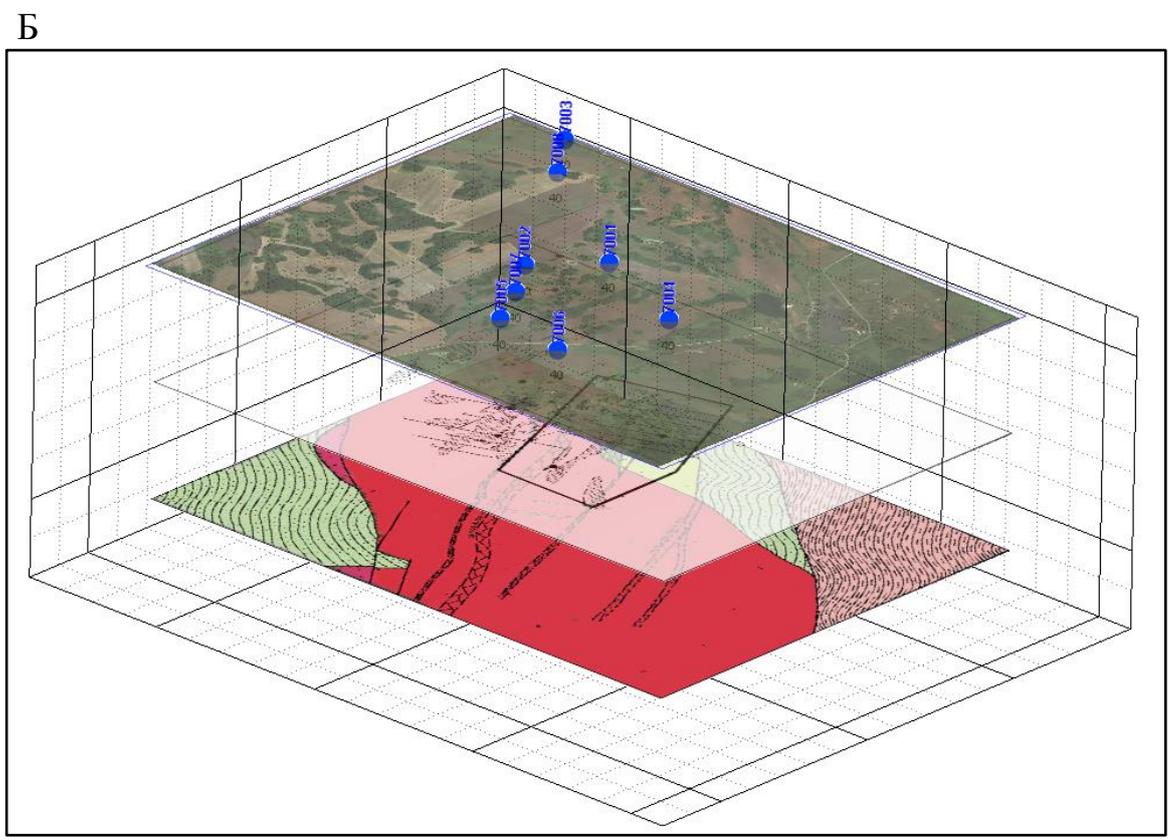
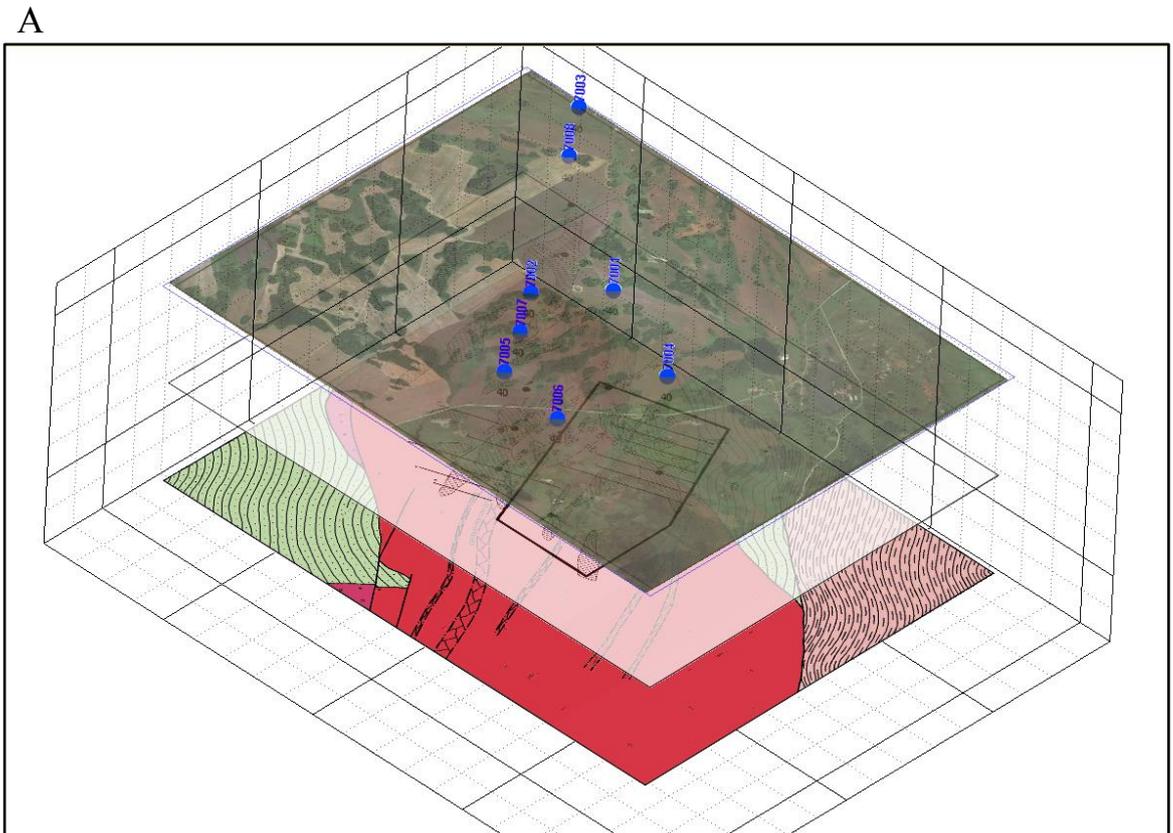


Рисунок 47 – Слои карт в 3D формате с различными углами просмотра А и Б.
 Сверху вниз: космоснимок с нанесением разведочных скважин 2012г., карта фактов и геологическая карта месторождения Шок-Карагай.
 Масштаб: 1:25000 [50, с. 88]

Структурно-тектонический фактор. Рудная минерализация приурочена к зонам дробления тектонических разломов, так как эти тектонические нарушения играют роль в формировании линейных зон коры выветривания. На космоснимке четко выделяются тектонические нарушения второго порядка района месторождения Шок-Карагай.

Северный участок месторождения Шок-Карагай представляет собой многошовную тектоническую зону общей мощностью до 150 м, сопровождаемую серией невыдержанных по мощности даек фельзит-порфиров. Мощность даек колеблется от нескольких сантиметров до 20 м.

Итак, площадь Шок-Карагайского (Северного) участка пересекается крупными многошовными нарушениями северо-восточного направления (Шоккарагайская, Валихановские зоны и др.), а также более мелкими нарушениями северо-западного, субмеридионального и субширотного направлений.

Магматический фактор. Рудоконтролирующими комплексами для редкоземельного оруденения в Сырымбетском рудном районе являются субщелочные граниты, гранит-порфиры, гранофиры и кварцевые порфиры субвулканического комплекса, вероятно, пермского возраста.

Месторождение Шок-Карагай, расположенное в пределах Сырымбетского рудного поля, находится в центральной части Шоккарагайского массива, который представляет собой субвулканическую постройку, краевые части которой сложены покровными вулканокластическими породами кислого состава, центральные части – экструзивными разностями (гранит-порфирами, гранофирами).

Литологический фактор. Рудовмещающими являются гранитоиды субвулканического комплекса. Образованные по ним коры выветривания содержат соизмеримые количества суммы редких земель, иногда и превышающие содержания в коренном залегании под ними.

Кора выветривания на участке Северное месторождения Шок-Карагай имеет широкое распространение, ее мощность составляет 15-30 м, увеличиваясь до 50 м в изометричных и линейных прогибах палеорельефа и сокращаясь до 0-5 м на его поднятиях, где кора выветривания срезана либо трансгрессивно налегающими отложениями неогена, либо аллювием олигоценых ложбин.

Метасоматический фактор. Вмещающие породы (гранит-порфиры) гематитизированы, серицитизированы, хлоритизированы, окварцованы и флюоритизированы.

Геофизический фактор. В северо-восточной части участка картируется небольшое тело гранит-порфиров среднедевонского возраста; в магнитном поле оно имеет более спокойный характер по сравнению с эффузивами. Повышенные значения магнитного поля (до +700 гамм) в южной части массива гранит-порфиров вызвано гидротермальными изменениями пород, развитыми вдоль тектонического контакта с кварцевыми порфирами. В гравитационном поле гранит-порфиры не выделяются (рисунки 42-45). Кроме того, по участку Шок-Карагай повсеместно распространены зоны повышенных значений гамма-

активности – 300 мкР/ч, пространственно соответствующие местам развития кор выветривания.

Геохимический фактор. Высокие содержания РЗЭ встречены в поверхностных горных выработках и достигают ΣTR_2O_3 до 3,6 %, иттрия до 1%, неодима, лантана, гадолиния – 0,1-0,3 %, самария – до 0,035 %.

Кроме того, следует отметить, что наряду, с иттриево-редкоземельной минерализацией, отмеченные зоны сопровождаются аномальными и повышенными содержаниями тория (до 0,2 %), свинца, олова, цинка, ниобия, циркония, урана (от 0,02 до 0,8 %).

Вещественный фактор. В гранитоидах перспективных на обнаружение редкоземельных элементов присутствуют минералы-носители редкоземельных элементов, такие как касситерит, вольфрамит и ильменорутит, а также другие породообразующие и акцессорные минералы: каолинит, слюды, цоизит, циркон, сфен, флюорит.

Все эти данные сведены в таблицу 21, которая позволяет установить прогнозно-поисковые критерий экзогенного редкоземельного месторождения Шок-Карагай.

Таблица 21 – Основные рудоконтролирующие факторы по месторождению Шок-Карагай и прогнозно-поисковые критерии

Основные РФ	Признаки	Прогнозно-поисковые критерий
1	2	3
Структурно-тектонический	Крупные многошовные нарушения северо-восточного направления (Шоккарагайская, Валихановская зоны и др.) и мелкие нарушения северо-западного, субмеридионального и субширотного направлений	Региональные разломы северо-восточного простирания, оперяющие их нарушения с зонами дробления
Магматический	Субщелочные граниты, гранит-порфиры, гранофиры и кварцевые порфиры субвулканического комплекса	Интрузивные образования кислого и субщелочного состава
Литологический	Кора выветривания по гранитоидам	Линейная кора выветривания по интрузивным образованиям
Метасоматический	Гидротермальные изменения	Гематитизированные, серицитизированные, хлоритизированные, окварцованные и флюоритизированные гранитоиды
Геофизический	Положительные аномалии магнитного поля	Положительные магнитные аномалии над гидротермально измененными гранитоидами
	Повышенное значение гамма-активности	Гамма-активность вмещающих пород

Продолжение таблицы 21

1	2	3
Геохимический	Повышенные содержания редкоземельных элементов	Вышекларковые содержания РЗЭ, тория, свинца, олова, цинка, ниобия, циркония, урана
Вещественный	Наличие минералов-носителей редкоземельных элементов	касситерит, вольфрамит, ильменорутил, каолинит, слюды, цоизит, циркон, сфен, флюорит

Результаты систематизации рудоконтролирующих факторов позволили уточнить прогнозно-поисковые критерии редкометалльно-редкоземельных месторождений экзогенного генезиса, которые заключаются в следующем:

1. Региональные разломы северо-восточного простирания, оперяющие их нарушения с зонами дробления;
2. Интрузивные образования кислого и субщелочного состава;
3. Линейная кора выветривания по интрузивным образованиям;
4. Гематитизированные, серицитизированные, хлоритизированные, окварцованные и флюоритизированные гранитоиды;
5. Положительные магнитные аномалии над гидротермально измененными гранитоидами, гамма-активность вмещающих пород;
6. Вышекларковые содержания РЗЭ, тория, свинца, олова, цинка, ниобия, циркония, урана;
7. Наличие минералов-носителей: касситерит, вольфрамит, ильменорутил, каолинит, слюды, цоизит, циркон, сфен, флюорит.

Определение перспективных площадей и оценка прогнозных ресурсов на редкие земли района месторождения Шок-Карагай. Вышеперечисленные рудоконтролирующие факторы и использование материалов Экспедиции № 92 ПГО «Степгеология» позволили выделить перспективные участки на редкие земли в районе месторождения Шок-Карагай.

На площади Шок-Карагайского месторождения выделяются 17 рудных тел редкоземельной минерализации (рисунок 48). Исследование керн скважин №№ 7001, 7003, 7006, заданных по простиранию известных рудных тел и модельные построения рудного тела показали, что на продолжениях основного рудного тела (до 2 км) также сохраняется содержания суммы редких земель в пределах бортового 0,07%.

Следовательно, перспективными площадями являются участки, являющимися продолжением основных рудных тел месторождения (рисунок 48).

Тогда общая площадь рудной минерализации на редкие земли месторождения Шок-Карагай составляет примерно 7 кв. км, где геометрические параметры при изменении ее границы имеет следующие значения: 2000×350 м. Мощность рудных тел составляет от 2 до 25 м, на основании чего, средняя мощность рудных тел принята в 5 м. Объемный вес рудной массы близок к 2,0 т/м³.

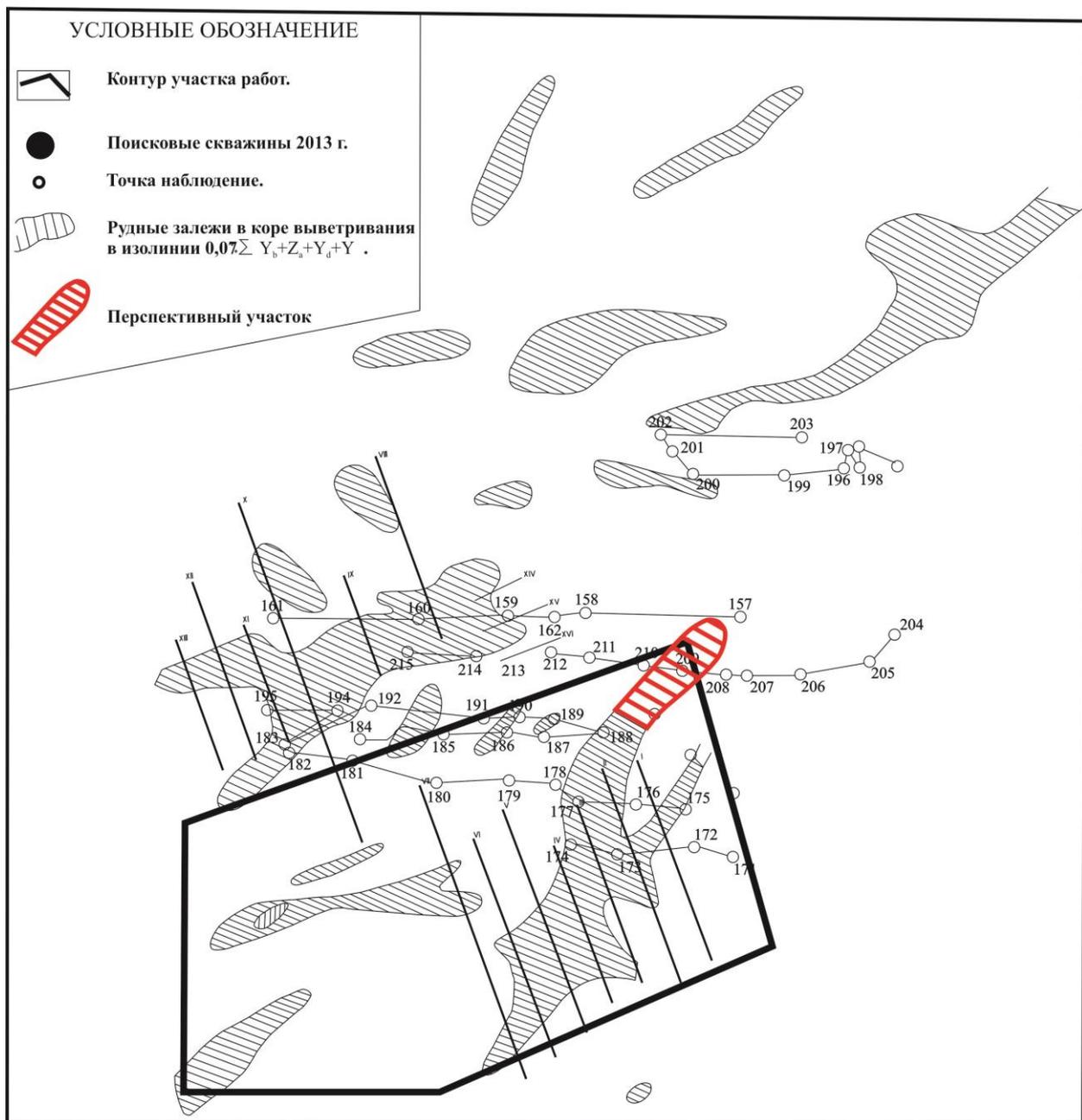


Рисунок 48 – Редкоземельное месторождение Шок-Карагай с перспективным участком

Расчеты показывают, что прогнозные ресурсы данного месторождения по категории P_1 на РЗЭ оцениваются в пределах 70000 тонн.

Таким образом, по запасам РЗЭ Шок-Карагайское рудное поле сопоставимо с крупнейшими месторождениями Казахстана как Кундыбай и Акбулак, а по уровню содержаний РЗЭ в руде имеет более интенсивные показатели: высокие содержания и объёмы рудных тел.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований по теме: «Исследование рудоконтролирующих факторов Сырымбетского рудного поля в цифровом 3D формате и оценка его потенциальных ресурсов (с применением ГИС технологии и данных ДЗЗ)» получены следующие результаты:

Д) Экзогенно – редкоземельное месторождение Шок-Карагай Сырымбетского рудного поля. Рудное поле расположено в северо-западной части Кокчетавского срединного массива, в пределах Володарского рудного района, где выделены два интрузивных комплекса:

1) *Зерендинский позднеордовикский–раннесилурийский гранитоидный комплекс (γ - $\gamma\delta O_3$ - S_1)* представлен кварцевыми диоритами, гранодиоритами, тоналитами и существенно плагиоклазовыми гранитами. Металлогеническая специализация комплекса выразилась в формировании железорудных месторождений и медных проявлений скарнового типа, кварцево-жильных золоторудных;

2) *С Дальненским (орлиногорским) комплексом лейкократовых гранитов среднего девона (γD_2dl)* связаны рудопроявления олова, вольфрама, молибдена в зонах грейзенизации и окварцевания, а также тантала и ниобия в альбитизированных метасоматитах.

Месторождение Шок-Карагай расположено в юго-западном районе Кокшетауского поднятия и приурочено к Шок-Карагайскому сиенит-граносиенитовому комплексу, расположенному в пределах пересечения тектонических зон, вдоль северо-западного крыла Амангельдинского глубинного разлома.

Кора выветривания, образующаяся по ним, имеет широкое распространение, на участке Северное месторождения Шок-Карагай ее мощность составляет 15-30 м, увеличиваясь до 50 м в изометричных и линейных прогибах палеорельефа и сокращаясь до 0-5 м на его поднятиях. Кора выветривания содержит соизмеримые количества суммы редких земель, иногда и превышающие содержания и в коренном залегании под ними.

Минералогические исследования, проведенные по данному месторождению, привели к следующим результатам:

Коренные породы с редкоземельной минерализацией:

Вмещающие породы, содержащие редкоземельные минералы в основном представлены гранит-порфирами в разной степени серицитизированные, пелитизированные и окварцованные. В некоторых встречается разложенный биотит и флюорит.

Из редкоземельных минералов на микрозонде найдены:

1) фосфаты редких земель цериевой группы – а) **монацит** – встречен в гранит-порфире в виде корочки в пустотке. В минерале установлены элементы группы лантаноидов - цериевая – La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu и иттриевая – Gd, Dy. Кроме того определены радиоактивные элементы – Th и U; б) **силикорабдофанит** (разновидность минерала рабдофанита) – найден в

эксплозивно-гидротермальной брекчии в кремнистой массе в виде редких мелких микронных зерен. В минерале установлены элементы только *цериевого ряда* – La, Ce, Pr, Nd и радиоактивный элемент Th;

2) фторокарбонат кальция и редких земель цериевой группы – *паризит*. Минерал найден в гранит-порфире серицитизированном, содержащем флюорит. В минерале установлены элементы группы *лантаноидов - цериевая* – La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu и *иттриевая* – Y, Gd, Tb, Dy. Из радиоактивных элементов Th. Паризит обнаружен в виде мелких зерен размером 1-10 микрон, которые представлены как скопление.

Кора выветривания с редкоземельной минерализацией:

1) По данным спектрального полуколичественного анализа в среднем по участку Шок-Карагай сумма цериевого ряда преобладает над иттриевой примерно в 4 раза.

2) Собственно, редкоземельные минералы в коре выветривания также, как и в коренных породах монацит – отнесенный к основным и паразит – второстепенный.

3) К числу тех минералов в коре выветривания, где могут присутствовать изоморфные примеси РЗЭ относятся основные – касситерит, вольфрамит и второстепенный ильменорутил, а также другие породообразующие и акцессорные минералы (каолинит, слюды, цоизит, циркон, сфен, флюорит). Были установлены в качестве элементов-примесей в цирконах с различной окраской Y в количестве 70-75 г/т; La – от 0 до 500 г/т; U – от 50 до 350 г/т; в одном случае Th – 30 г/т; Nb – от 30 до 100 г/т. В слюде Y и La по 350 г/т. Nb много (10000 г/т) в слюде и ортите.

При построении трехмерной модели месторождения получены следующие результаты:

- формы рудных тел не сложные, простые, в виде вытянутого пласта. Геометрические параметры участка 1000×350 м (рисунок 48). Такие простые формы рудных тел предопределяется развитием линейной коры выветривания, где развиты зона дробления, тектонические нарушения;

- оконтуривание границы рудных тел по содержанию рудного компонента позволяет установить закономерность распределений его содержаний. Визуализация границы рудных тел на месторождении Шок-Карагай показывает, что с глубиной увеличивается содержание редкоземельных элементов, так как пласт с содержанием суммы редких земель в пределах 0,10% лежит ниже, чем пласт с содержанием суммы редких земель в пределах 0,07%. Здесь появляется зональность в распределении содержаний редкоземельных элементов.

Это объясняется тем, что источником редкоземельных элементов являются альбитизированные и грейзенизированные граниты и гранит-порфиры дальненского комплекса. Поэтому чем ближе к источнику, тем выше в корах выветривания содержания редкоземельных элементов на месторождении Шок-Карагай.

При построении петрофизической модели месторождения выделены следующие особенности:

- по площади месторождения наблюдается зональность по петрофизическим свойствам пород, где с глубиной увеличивается значения плотности. Достаточно высокая плотность наблюдаются у гранитоидов ($2,62 \text{ г/см}^3$) и глинисто-щебенистой зоны ($2,45 \text{ г/см}^3$), самая низкая у зон почвенно-растительного слоя ($2,25 \text{ г/см}^3$);

- высокие значения магнитной восприимчивости наблюдаются у гранитоидов ($121 \cdot 10^{-6}$ СГС), остальные имеют невысокие значения магнитной восприимчивости в пределах от $15 \cdot 10^{-6}$ СГС до $30 \cdot 10^{-6}$ СГС.

II) Создана геоинформационная система месторождения Шок-Карагай для детального и последовательного изучения его рудоконтролирующих факторов, таких как:

Структурно-тектонический: Крупные многошовные нарушения северо-восточного направления (Шоккарагайская, Валихановская зоны и др.) и мелкие нарушения северо-западного, субмеридионального и субширотного направлений;

Магматический: Субщелочные граниты, гранит-порфиры, граптофиры и кварцевые порфиры субвулканического комплекса;

Литологический: Кора выветривания по гранитоидам;

Метасоматический: Гидротермальные изменения;

Геофизический: Положительные аномалии магнитного поля, повышенное значение гамма-активности;

Геохимический: Повышенные содержания редкоземельных элементов;

Вещественный: Наличие минералов-носителей редкоземельных элементов.

Уровень концентраций редкоземельных элементов в рудах Шок-Карагайского месторождения позволяет сопоставлять его с крупными месторождениями Казахстана (Кундыбай, Акбулак и другие).

Результаты систематизации рудоконтролирующих факторов позволили уточнить прогнозно-поисковые критерии редкометалльно-редкоземельных месторождений экзогенного генезиса, которые заключаются в следующем:

1) Региональные разломы северо-восточного простирания, оперяющие их нарушения с зонами дробления;

2) Интрузивные образования кислого и субщелочного состава;

3) Линейная кора выветривания по интрузивным образованиям;

4) Гематитизированные, серицитизированные, хлоритизированные, окварцованные и флюоритизированные гранитоиды;

5) Положительные магнитные аномалии над гидротермально измененными гранитоидами, гамма-активность вмещающих пород;

6) Вышекларковые содержания РЗЭ, тория, свинца, олова, цинка, ниобия, циркония, урана;

7) Наличие минералов-носителей: касситерит, вольфрамит, ильменорутит, каолинит, слюды, цоизит, циркон, сфен, флюорит.

Оценка прогнозных ресурсов на редкие земли района месторождения Шок-Карагай. На площади Шок-Карагайского месторождения выделяются 17

рудных тел редкоземельной минерализации. Исследование керна скважин №№ 7001, 7003, 7006, заданных по простирацию известных рудных тел и модельные построения рудного тела показали, что на продолжениях основного рудного тела (до 2 км) также сохраняется содержания суммы редких земель в пределах бортового 0,07%. Перспективными площадями являются участки, являющимися продолжением основных рудных тел месторождения.

Тогда общая площадь рудной минерализации на редкие земли месторождения Шок-Карагай составляет примерно 7 кв. км, где геометрические параметры при изменении ее границы имеет следующие значения: 2000×350м. Мощность рудных тел составляет от 2 до 25 м, средняя мощность рудных тел принята в 5 м. Объемный вес рудной массы близок к 2,0 т/м³.

Прогнозные ресурсы оценивались по формуле, предложенной в «Методическом руководстве по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

$$P_1 = \frac{K * l * m * H * V * c}{1000}$$

где:

K – переводной коэффициент равен 0,7;

l – длина поля по простирацию;

m – суммарная мощность рудных тел;

H – глубина подсчетов;

V – объемная масса (2,0 т/м³);

c – среднее содержание полезного компонента (г/т).

Прогнозные ресурсы данного месторождения по категории P_1 на РЗЭ оцениваются в пределах 70000 тонн.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Месторождения редких металлов и редких земель Казахстана: справочник. -Алматы, 1998. -136 с.
- 2 Геология, геохимия и минералогия месторождений редких элементов Казахстана. -Алма-Ата: КазИМС, 1966.
- 3 Редкие металлы и редкие земли Казахстана. -Алматы, 2011.
- 4 Belolipetskii A.P., Voloshin A.V. Yttrium and rare earth element minerals of the Kola Peninsula, Russia, in Jones, A.P., Wall, Frances, and Williams, C.T., eds., Rare earth minerals- chemistry, origin and ore deposits: -New York: Chapman and Hall; The Mineralogical Society. -1996. -Series 7. P. 311-326.
- 5 Campbell L.S., Henderson Paul, Wall Francis. Rare earth chemistry of perovskite group minerals from the Gardiner Complex // East Greenland: Mineralogical Magazine. -1997. -Vol. 61. -P. 197-212.
- 6 Omirserikov M., Isaeva L. Toward a theory of rare metal ore formation illustrated by rare metal fields in Central Kazakhstan. -Lambert Academic Publishing, 2015. -46 p.
- 7 Актуальные проблемы современной геологии и минерации Казахстана. -Алматы, 2012.
- 8 Михайлов В.А. Редкоземельные руды мира – Геология, ресурсы, экономика. -Киев: Киевский университет, 2010. -223 с.
- 9 Naumanbayev M., Lokhova N., Baltabekova Z. Classification of Raw Sources of Rare-Earth Elements in Kazakhstan // J. Mater. Sci. Eng. -2013. -№3. -P. 326- 330.
- 10 Chen Z. Global rare earth resources and scenarios of future rare earth industry // J. Rare Earths. – 2011. -№29. - P. 1-6 // doi:10.1016/S1002-0721(10)60401-2.
- 11 Бекжанов Г.Р., Раденко Н.Л., Иванов Л.Б., Ниязов А.Р. Редкие земли Казахстана // Геология и охрана недр. -Алматы, 2008. -№ 3(28). -С. 40-48.
- 12 Жилинский Г.Б. Оловоносность Центрального Казахстана. -Алма-Ата: АН КазССР, 1959. -212 с.
- 13 Лаумулин Т.М. Редкометаллоносные структуры в геотектоногенах Казахстана. -Алма-Ата: Наука, 1977. -207 с.
- 14 Ракишев Б.М. Геохимическая специализация и районирование металлогенических провинций и поясов Казахстана. -Алматы, 2006.
- 15 Свойства, потребление и производство основных видов минерального сырья. -Кокшетау, 2003.
- 16 Литавр Т.Н. и др. "О групповой геологической съемке глубинном геологическом картировании и геологическом доизучении масштаба 1:50 000: отчет (Листы ГС №-42-77-В, 89-А-Б-Г.; ГДП-89-В, ГГЛ-89-А,Б,В,Г, 77-В) Лавровская площадь за 1988-1996 гг". -Книга 1.
- 17 Геологическое строение листов №-42-88-Г и №-42-89-В: отчет. (Отчет о результатах поисково-съёмочных работ масштаба 1:50 000, проведенных Елецкой ПСП в 1972-74 гг) // В 4-х т. -Т.1.

- 18 Тетерев Г.М. О результатах поисковых работ на олово на участках Шок-Карагай Южный, Лесничество, Орлиногорский, Карабеловка в 1969-71 гг. (Кокчетавская и Северо-Казахстанская области): отчет // В 2-х т. -Т.1.
- 19 Поисково-оценочные работы на месторождении Шок-Карагай (Северо-Казахстанская область): Отчет о научно-исследовательской работе по проекту 1.1. -Алматы, 2012.
- 20 Поисково-оценочные работы месторождения Шок-Карагай (Кокшетауская обл.), изучение вещественного состава руд, выделение промышленных рудных тел, оценка редкоземельного оруденения по категории P_2 и прогнозных ресурсов по категории P_1 (за первое полугодие 2013): Отчет о научно-исследовательской работе по проекту 1.1. -Алматы, 2013.
- 21 Отчет о результатах поисковых работ на олово на участках Шок-Карагай Южный, Лесничество, Орлиногорский, Карабеловка в 1969-71 гг. - Фонды СКТГУ, 1972.
- 22 Кливер Р.Г. Гай В.В. Информационные и годовые отчеты Шок-Карагайского поисково-оценочного отряда на сидериты за 1971-1974 гг.
- 23 Магматические комплексы Казахстана. -Алма-Ата, 1982. -168 с.
- 24 Магматизм Северного Казахстана. -Алма-Ата, 1988. -167 с.
- 25 Акшолоков Е.Б. Субдукционирование и погружение континентальной коры в над- и подсубдукционную область // Сборник тезисов. -Алматы: КазНТУ. 2013. -27 с.
- 26 Абдулкабирова М.А. Интрузивные комплексы Северного Казахстана и их металлогения. -Алма-Ата: Фонды ИГН АН КазССР, 1958.
- 27 Геология СССР. //Тургайский прогиб, геологическое описание. -М.: Недра, 1971.-Книга 1, т. 24. -536 с.
- 28 Геология СССР. Тургайский прогиб, геологическое описание / под ред. Захарова А.М., Удриса К.П. -М.: Недра, 1971. -Книга 2, т. 34. -312 с.
- 29 Летников Ф.А. Гранитоиды глыбовых областей. – Новосибирск, 1975. -214 с.
- 30 Подольский А.М., Корыткин А.А. Промежуточный отчет Айртавской тематической партии за 1958 г. Фонды СКТГУ, 1959.
- 31 Геологическая карта СССР масштаба 1:500 000. N-42-B. 1959.
- 32 Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. N-42-XXI. 1966.
- 33 Государственная карта полезных ископаемых масштаба 1:200000. N-42-XXI. 1969.
- 34 Геология СССР. -М.: Недра, 1971. -Т. 34.
- 35 Рудные провинции Центральной Азии. -Алматы, 2008.
- 36 Аналитический обзор инвестиционных возможностей Казахстана по отраслям. -Кокшетау, 2003.
- 37 Атлас моделей месторождений полезных ископаемых. -Алматы, 2004. -140 с.
- 38 Ниязов А.Р. Рудоносные коры выветривания северного Казахстана: дис. ...док. геол.-мин. наук. -Свердловск, 1987.

- 39 Адамьян Н.Х., Бегмагамбетов Б.И. и др. Эволюционная колумбит-касситеритовая россыпь Сырымбетского рудного поля – «Минерально-сырьевые ресурсы тантала, ниобия, бериллия, циркония и фтора: геология, экономика, технология». -Усть-Каменогорск, 2003. -С. 33-35.
- 40 Шарапатов А., Акшолоков Е., Тогизов К. Редкоземельноносные коры выветривания Северного и Центрального Казахстана. // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр. -М.: Занджан, 2013. -С 263-264.
- 41 Акшолоков Е.Б., Тогизов К., Шарапатов А. О рудоносных корах выветривания Казахстана. // Подготовка инженерных кадров в контексте глобальных вызовов XXI века: Тр. междунар. науч.-практ. конф. -Алматы: КазНТУ, 2013. -С. 13-16.
- 42 Абдулкабирова М.А. Особенности металлогении Северного Казахстана. // Изв. АН КазССР, сер. геол. -Алма-Ата: Наука,1967. -№ 5. -С 70-78.
- 43 Абдулкабирова М.А., Адамьян Н.Х., Гуляев А.П. и др. Об оловоносности Кокчетавского срединного массива // Изв. АН КазССР, сер. геол. -1980. -№2. -С. 11-20.
- 44 Металлогения Казахстана. Месторождения руд редких металлов. -Алма-Ата: Наука КазССР, 1981. -207 с.
- 45 Минерагеническая карта мезозой-кайнозоя Казахстана масштаба 1:1000000. // Объяснительная записка. -Алматы; Астана. 2012.
- 46 Минерагеническая карта Казахстана, масштаба 1:1000000. // Объяснительная записка. -Алматы; Астана. 2007.
- 47 Минерагения мезозой-кайнозоя Казахстана. -Алматы, 2012.
- 48 Д.К. Каулдашев, К.С.Тогизов, М.Ш. Омирсериков. Геология и перспективы района месторождения Баян // Научное и кадровое сопровождение инновационного развития горно-металлургического комплекса. -Алматы, 2017. -С. 95-98.
- 49 Бекжанов Г.Р., Раденко Н.Л, Иванов Л.Б., Ниязов А.Р. Редкие земли Казахстана // Геология и охрана недр. -Алматы, 2008. -№3(28). -С. 40-48.
- 50 Островский В.Н. Формированию подземных вод в аридных районах Казахстана. -Ленинград, 1976. -227 с.
- 51 Курскеев А.К. Справочник физических свойств. -Алма-Ата, 1983. -С. 268
- 52 Бетехтин А.Г. Минералогия. -М., 1950. -956 с.
- 53 Вернадский В.И. Очерки геохимии //Избранные сочинения. -С. 117-118.
- 54 Бетехтин А.Г. Минералогия. - М., 1995.
- 55 Austin S.R., Hetland D.L., Sharp B.J. Mineralogy of the Lemhi Pass thorium and rare-earth deposits // Idaho Bureau of Mines and Geology Mineral Resources Report 11. -1970. -10 p.
- 56 Coakley G.J., Crockett R.N., Hammerbeck E.C.I. International strategic minerals inventory summary report – A regional assessment of selected mineral

commodities in subequatorial Africa: U.S. Bureau of Mines Mineral Perspectives Report. -1991. -44 p.

57 Летников Ф.А. К геохимии тантала и ниобия в постмагматических процессах. // Геология, геохимия и минералогия месторождений редких элементов Казахстана. -Алма-Ата, 1966. -С 62-91.

58 Минеев Д.А. Лантаноиды в минералах. - М.: Недра, 1969.

59 Минеев Д.А. Лантаноиды в рудах редкоземельных и комплексных месторождений. -М.: Наука, 1974. -286 с.

60 Исаева Л.Д., Кембаев М.К. Редкоземельные элементы в шеелитах верхнее Кайрактинского месторождения (Ц. Казахстан) // «Проблемы и перспективы развития геологического кластера: Образование - Наука - Производство» Тр. межд. конф. посвящ. 80-летию со дня рождения Каратая Турысова. – Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, 2014. -С. 224-227.

61 Раденко Н.Л. Редкоземельные элементы на редкометалльных месторождениях Казахстана. -Алматы, 1998. -251 с.

62 Семенов Е.И. Минералогия редких земель. - М.: Академия Наук СССР, 1963.-411 с.

63 Л.Д. Исаева, К.С.Тогизов, Ж.С. Айтмырзаев. Формы выделения шеелита на месторождении Баян и условия концентрирования в них редких земель // Вестник КазНТУ. -Алматы, 2016. -№ 4 -С. 35-38.

64 А. Шарапатов, Е.Б. Акшолоаков, К.С. Тогизов, Я.К. Аршамов. Житикаринский рудный район: минералы и руды редких земель и перспективы их изучения методами каротажа // Известия серия геологии и технических наук. -Алматы, 2017. -№1. -С. 79-86.

65 Подпорина Е.К., Ниязов А.Р., Брылин М. Д. Новый тип редкоземельных месторождений в корях выветривания // Экзогенные месторождения редких элементов. - Институт минералогии, геохимии редких элементов (ИМГРЭ). - М., 1980. -С. 21-26.

66 Сивоконь В.И. Изучение и оценка месторождений первичных каолинов. -М.: Недра, 1969. –С. 112-121.

67 Бурков В.В. Коры выветривания осадочно-метаморфических пород с рабдофанитом и черчитом // Месторождения литофильных редких металлов. - М., 1980. -С. 394-396.

68 Omirserikov M., Dyussebayeva K., Isaeva L., Togizov K. Rare earth elements in the weathering crust of Shock-Karagay deposit (North Kazakhstan) // 15th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2015. –Albena: Bulgaria, 2015. -P. 419-425.

69 М.Ш. Омирсериков, У.Ю. Юсупова, К.С. Тогизов, и др. Редкие земли в коре выветривания Шок-Карагайского месторождения (Северный Казахстан) // Известия серия геологии и технических наук. -Алматы, 2015. -№3. -С. 35-41.

70 Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д., Геолого-динамическая модель формирования месторождений редких металлов Центрального Казахстана. - Изд. «Нурай Принт Сервис», 2010. -215 с.

- 71 Закревский К.Е. Геологическое 3D моделирование. -М.:ООО «ИПЦ» «Маска», 2009. -376 с.
- 72 Wu Q., Xu H., Zou X. An effective method for 3D geological modeling with multi-source data integration // Comput. Geosci. -2005. -№31. -P. 35-43 // doi: 10.1016/j.cageo.2004.09.005.
- 73 Luo Z., Xiao-ming L., Jia-hong S., Ya-bin W., Wang-ping L. Deposit 3D modeling and application // J. Cent. South Univ. Technol. -2007. -№14. -P. 225-229 // doi: 10.1007/s11771-007-0045-9.
- 74 Zanchi A., Francesca S., Stefano Z., Simone S., Graziano G. 3D reconstruction of complex geological bodies: Examples from the Alps. Comput // Geosci. - 2009. -№35. -P. 49-69 // doi:10.1016/j.cageo.2007.09.003.
- 75 Ниязов А.Р. Барьерно-хроматографическая модель рудогенеза при формировании кор выветривания // Вопросы экзогенной минерализации Казахстана. -Алма-Ата, 1986. -С. 80-88.
- 76 Исаева Л.Д. Эволюция модельных построений и их роль в прогнозировании месторождений полезных ископаемых // Промышленность Казахстана. -Алматы, 2010. -С. 77-80.
- 77 Омирсериков М.Ш., Степаненко Н.И., Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Тогизов К.С., Кембаев М.К. Исследование редкометалльного месторождения Баян на базе ГИС – технологии и прогнозная оценка его дополнительных ресурсов на промышленные руды // Известия серия геологии и технических наук. -Алматы, 2017. -№6. -С.56-64.
- 78 Методическое руководство по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при их разведке: ВСЕГИНГЕО. -М.: Недра, 1977.
- 79 Goovaerts P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. -Oxford University Press, 1997.
- 80 Н.Б. Дортман. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. -М.: Недра, 1984. -455 с.
- 81 Абдулгазин С.Б., Замамбеков О.З. Демент Т.Н. и др. Отчет Черняховской партии о гравиметрических съемках масштабов 1:50 000 и 1:10000, проведенных в пределах Кокшетавского и Шатского антиклинориев и Баймостринской синклиналиной зоны за 1969 г. пос. Бурмашино. -СКТГУ, 1970.
- 82 Омирсериков М.Ш., Агата Душмал-Черникеевич, Исаева Л.Д., Асубаева С.К., Тогизов К.С. Прогнозирование ресурсов редкометалльных месторождений на основе анализа рудоконтролирующих факторов // Известия НАН РК сер. геологии и технических наук. -Алматы 2017, -№3. -С. 35-43.
- 83 ГКЗ СССР. Сборник руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. Инструкция по применению Классификации запасов к россыпным месторождениям полезных ископаемых. -С. 507-542.
- 84 Ниязов А.Р., Искужин С.М. Перспективы использования СГТ для разведки и добычи новых типов руд цветных, редких и благородных металлов в корах выветривания Северного Казахстана // Первый советско-югославский

симпозиум по проблеме скважинной гидравлической технологии. -М.,1991. -С. 24-25.

85 Редкоземельные элементы. Требования промышленности к качеству минерального сырья. -М.: Госгеолтехиздат, 1959. -Вып. 51. -60 с.

86 Тогизов К.С. Шоккарагайское рудопроявление и рудоконтролирующие факторы (Северный Казахстан) // Материалы международной научно-практической конференции «геология, минерагения и перспективы развития минерально-сырьевых ресурсов РК», посвященной 75-летию института геологических наук им. К.И. Сатпаева. -Алматы, 2015. -С. 382-385.

87 Каулдашев А.Т., Тогизов К.С., Степаненко Н.И. Критерии прогнозирования тантал-ниобиевой минерализации Восточного Казахстана // Научное и кадровое сопровождение инновационного развития горно-металлургического комплекса. -Алматы, 2017. -С. 98-100.

88 Тогизов К.С. Рудоконтролирующие факторы редкоземельного месторождения Шок-Карагай (Северный Казахстан) // Вестник КБТУ, -Алматы, 2017. -№4. -С. 47-51.