

*Сарсенгалиев Аскар Маратович, магистрант кафедры Геофизики, Институт геологии, нефти и горного дела имени К. Турысова, Satbayev University
Казахстан, г.Алматы*

Умирова Гульзада Кубашевна, лектор, доктор PhD наук кафедры Геофизики, Институт геологии, нефти и горного дела имени К. Турысова, Satbayev University, Казахстан, г.Алматы

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГРАВИРАЗВЕДКИ И ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ АМТЗ В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АТАСУЙСКОГО ТИПА

Аннотация: На основе полевых работ построены геоплотностная и геоэлектрическая объемные модели. Интерпретация геофизических данных с широким использованием априорных материалов показала эффективность электроразведки методом АМТЗ и гравirazведки при оценке природы одного из месторождений Жаильминской мульды, при изучении и выделении рудных объектов, картировании тектонических нарушений и уточнении границ литологических разностей.

Ключевые слова: Жаильминская мульда, гравirazведка, электроразведка, аудиомагнитотеллурические зондирования, удельное электрическое сопротивление, геоэлектрический разрез, типперы, индукционный вектор, полярные диаграммы, 2D инверсия.

Annotation: Geoelectric and geoelectric volume models were built on the basis of field work. Interpretation of geophysical data with wide use of a priori materials showed the effectiveness of electrical exploration using the AMT method and engraving in assessing the nature of one of the deposits of the Zhailminskaya mold, in studying and isolating ore objects, mapping tectonic violations and refining

the boundaries of lithological differences.

Key words: Zhailminskaya mold, gravity exploration, electrical exploration, audio-frequency magnetotellurics survey, low specific electrical resistance, geoelectrical section, tippers, induction vector, polar charts, 2D inversion.

В настоящее время довольно резко проявляется диссонанс между добычей и приростом минерально-сырьевых ресурсов РК, в том числе и полиметаллов, железомарганцевых и барит-цинковых руд. На фоне резкого сокращения работ поискового характера во многих рудных районах Казахстана усложнились условия их проведения, поскольку фонд месторождений, расположенных близко к поверхности земли, практически исчерпан и основное восполнение запасов минерального сырья можно ожидать за счет рудных проявлений и месторождений, залегающих в сложных геологических условиях. Переход к поискам таких объектов требует тщательного изучения методов и методик проведения поисковых работ, уточнения прогнозно-поисковых критериев и выбора наиболее оптимальных способов анализа и интерпретации геофизических данных.

Классическим примером стратиформных месторождений свинца, цинка, барита, железа и марганца, связанных с рифтовыми постройками, заложенными на континентальной коре, являются месторождения Жаильминского металлогенетического типа. Атасуйский комплекс представляют крупнейшие и крупные месторождения цинка и свинца (Жайрем, Шалкия, Акжал, Узунжал, Карагайлы, Ачисай, Миргалимсай); железа (Каражал, Кентюбе); марганца (Каражал, Ушкатын); барита (Бестюбе, Жайрем, Миргалимсай). Все перечисленные крупные промышленные месторождения комплексных железомарганцевых и полиметаллических руд расположены на малых глубинах. И с этой точки зрения потенциальная перспективность района при усилении работ для поисков скрытых месторождений на средних и больших глубинах существенно повышается. Примером месторождений такого типа может служить Акшагатское месторождение, где скважинами подсечены

гематит-магнетитовые руды в интервале глубин 1 300-1 500 м.

Актуальность исследований обосновывается и тем, что в соответствии с установленными геологическими критериями и поисковыми признаками обоснована возможность обнаружения к востоку от Жаильминской мурды очень крупного по масштабам барит-полиметаллического месторождения (Байдалинов, Пак, Беляков, 2010). По величине гравитационной аномалии и занимаемым размерам предполагаемый рудный объект намного превосходит известные барит-полиметаллические месторождения Дальнезападный и Западный Жайрем [1].

Территория исследований в административном отношении расположена в Жанааркинском районе Карагандинской области Республики Казахстан. Центром Жанааркинского района является поселок Атасу Карагандинской области. Участок расположен в непосредственной близости к таким крупным месторождениям, как Западный Каражал, Бестюбе, Ктай, в 18 км к юго-востоку от г. Каражал, в зоне резкого изменения субширотного простиранья Жаильминской синклинали на северо-восточное.

Современное состояние геолого-геофизической изученности Каратуленской гравимагнитной аномалии

Первым геологом, начавшим изучение Атасуйского района был И.С. Яговкин, который в 1926 г. провел геологическую съемку Джекказган-Улутауского района, а также западной части Атасуйского района в масштабе 1:420 000. По результатам работ была составлена геологическая карта, открыты и предварительно обследованы железомарганцевые месторождения Устанынжал (сейчас Каражал) и Жумарт.

На основе сведений, полученных И.С. Яговкиным в 1932 г. И.Г. Николаев разработал схему стратиграфического расчленения района исследований. В своих исследованиях автор все железорудные месторождения связывал с толщей верхнедевонских пород и относил их к типу гидротермально-метасоматических, объясняя их циркуляцией гидротерм.

Геологические съемки 1:200 000 масштаба объединяют интервал времени

1933-1954 г. г. Можно выделить работы Н.М. Салова, А.Г. Бетехтина, А.Г. Гокоева, П.Г. Корейшо. Данными исследованиями было открыто марганцевое месторождение Клыч, небольшие гематит-магнетитовое рудопоявление «Точка №4» и марганцевое месторождение Керегетас. Все исследователи занимались изучением стратиграфических особенностей района. Так, были выделены отложения протерозоя, силура, среднего палеозоя и мезокайнозоя, установлена последовательность залегания верхнедевонских отложений, впервые в Атасуйском районе на основании палеонтологических данных подтвердили присутствие отложений ордовика.

Детальные геолого-поисковые съемки выполнялись многими исследователями (А.М. Садыков, Л.Н. Павенко, Бекжанов Г.Р., А.Т. Байдалинов, Герман Л.Л. (1978), Васюков Ю.А. (1981-1999), Беляев А.Е. (1991)). К 1960 годам было завершено геологическое картирование площади Жаильминской синклинали в масштабе 1:50 000, расчленены фамен-каменноугольные отложения Жаильминской мульды, сделана попытка расчленения по литологическим признакам древних нижнепалеозойских толщ, более детально изучено геологическое строение палеозойского фундамента района, выявлен ряд неизвестных ранее структур, рудопоявлений и месторождений. На сегодняшний день геологическими съемками детально изучены докембрийские образования, обобщены материалы по Жаильминской синклинали. Составлены карты размещения и прогноза полезных ископаемых, карты метасоматической зональности, установлены признаки наличия россыпного золота в аллювиальных отложениях древней (палеогеновой) долины.

Первые геофизические исследования в Атасуйском районе начались с магнитометрических работ 1932 года, проведенных Д.Н. Редкиным на месторождении Каражал магнитометром Тиберга-Талена. В дальнейшем на территории исследований были выполнены магниторазведочные, гравиразведочные, сейсморазведочные исследования различных масштабов и точности съемок. По результатам данных работ выполнена оценка

марганцевого и полиметаллического оруденения, выявленного в результате проведенных комплексных геолого-геофизических работ масштаба 1:10 000 в 1977-79 г. г. Выявлены новые рудоконтролирующие структуры, сопровождаемые геофизическими и геохимическими аномалиями.

Анализ обширного объема проделанной работы в Атасуйском районе показывает, что не смотря на то, что большая часть геофизических аномалий выявлена и изучена, открыто и введено в эксплуатацию множество месторождений полиметаллов и рудопроявлений, тем не менее доразведка наиболее интенсивных и крупных аномалий, связанных с более глубоким залеганием рудных объектов неизвестной природы, все еще остается перспективной и актуальной.

Особенности геолого-тектонического строения Каратуленской гравимагнитной аномалии

Каратуленская гравимагнитная аномалия находится в пределах Жаильминской синклиальной структуры Атасуйского рудного района, располагающегося близ южной окраины Казахстанской складчатой стороны. Этот район в структурном отношении занимает промежуточное положение между Прибалхашьем, с одной стороны, и Джекказган-Улутауским районом с другой. Формирование железомарганцевых месторождений происходило здесь в условиях относительно стабильного тектонического режима, на который оказало влияние расположенная рядом геосинклиналь.

Комплекс палеозойских пород в рассматриваемом районе представлен осадочными, интрузивными и вулканогенными образованиями широкого возрастного диапазона: от образований кембрийского возраста до современных. В соответствии с представлениями многих исследователей железомарганцевое оруденение относится к гидротермально-метасоматическому типу верхнедевонского возраста.

Среди верхнедевонских отложений выделяются два основных комплекса пород:

- терригенный комплекс франского яруса;

- существенно карбонатный комплекс отложений фаменского яруса.

Отложения франского яруса относятся к дайринской свите (D3dr). Они залегают с резким несогласием на размытой поверхности эффузивно-осадочных образований среднего девона. В составе их выделяются красноцветные конгломераты, гравелиты, песчаники, субвулканические тела липаритов и трахилипаритов. Мощность отложений франского яруса 1 100 м.

Отложения фаменского яруса (D3 fm) на большей части района ложатся согласно на терригенные осадки франского яруса, образуя единую трансгрессивную серию. Но отмечаются участки, где они залегают на размытой поверхности живет-франских отложений с выпадением нижних горизонтов фамена. Представлены отложения фаменского яруса в основном, известняками, глинисто-карбонатными, углисто-кремнисто-карбонатными, реже песчано-карбонатными породами.

Железомарганцевое и свинцово-цинковое оруденение приурочено, в основном, к породам верхнефаменского подъяруса. Пластообразные тела свинцово-цинковых руд обычно подстилают пласты железных руд, реже чередуются с ними и приурочены к пигментированным углистым веществам горизонтам верхнефаменского подъяруса. В настоящее время большинством исследователей признает двухэтапное формирование месторождений. С первым – гидротермально-осадочным этапом связано образование железомарганцевых руд и возможно бедной свинцово-цинковой минерализации, а со вторым – гидротермально-метасоматическим – барит-полиметаллических руд.

Железные руды представлены обычно магнетитом, гематитом и железистыми яшмами. Для марганцевых руд характерны браунит, гаусманит, яacobсит, пиролюзит, манганокальцит. Железные руды отличаются повышенным содержанием германия. В отдельных тектонических зонах в них встречаются свинец, мышьяк и др. Для свинцово-цинковых руд кроме основных (свинец, цинк, барит) попутными полезными компонентами являются серебро, кадмий, ртуть, медь, талий, сурьма, мышьяк.

Магматические образования на рассматриваемой территории имеют

незначительное распространение. Дайкообразные тела верхнепалеозойских гранит-порфиров (ул Pz3) занимают незначительную площадь в юго-восточной части территории, где они прорывают терригенные отложения косагалинской свиты среднего-верхнего ордовика.

Основной структурой Атасуйского района является типичная наложенная впадина, именуемая Жаильминской синклиналью. В плане Жаильминская синклиналь имеет неправильные очертания и близкую с дугообразной форму. Восточная часть ее имеет северо-восточное простирание, центральная – близкое к широтному, а западная – северо-западное. Ширина синклинали от 12 до 30 км, протяженность более 175 км.

Наиболее крупными дизъюнктивными нарушениями в юго-восточной части Жаильминской синклинали является Ацилинский сброс северо-восточного направления. Вертикальная амплитуда его смещения 300 м.

Физико-геологическое обоснование комплекса геофизических исследований

Для распознавания геологической природы геофизических полей и оценки выявленных аномалий необходимо иметь данные о физических параметрах пород, слагающих разрез и распространенных на поверхности, находящихся на контактах тектонических нарушений и т.д. Исследование плотностной характеристики разреза показывает, что наиболее эффективной плотностной границей является поверхность раздела платформенного чехла и фундамента ($\Delta\delta = 0,37-0,60$ г/см³). Существенной границей является поверхность раздела между структурными этажами фундамента ($\Delta\delta = 0,10$ г/см³). Малоэффективной является поверхность раздела между подэтажами в герцинском этаже ($\Delta\delta = 0,03-0,04$ г/см³), более эффективной в докембрийско-каледонском этаже ($\Delta\delta = 0,06$ г/см³). Основными аномалиеобразующими являются плотностные границы, расположенные внутри подэтажей (складчатых комплексов) между ярусами, свитами, толщами. Они разделяются на три группы: малоэффективные ($\Delta\delta$ до 0,05 г/см³), эффективные ($\Delta\delta = 0,06-0,1$ г/см³) и весьма эффективные ($\Delta\delta > 0,1$ г/см³). Кроме того, существенными

плотностными границами могут оказаться контакты вмещающих толщ и интрузии любого состава при достаточно больших размерах последних и наличии дефекта плотности масс. Плотность промежуточного слоя близка к 2,67 г/см³.

Анализ геофизических работ прошлых лет показывает, что над продуктивными отложениями фаменского яруса наблюдается повышение силы тяжести и данный факт можно рассматривать как характерный поисковый признак. В зависимости от глубины залегания, минерального состава и мощности оруденения положительными гравитационными аномалиями сопровождаются как существенно железомарганцевые, так и барит-полиметаллические месторождения. Для крупных барит-полиметаллических объектов Дальнезападный Жайрем и Бестобе, залегающих на глубинах 200-500 м, величина аномальных значений силы достигает 2,0-2,5 мГал. Подобной интенсивностью характеризуется и железомарганцевое месторождение Западный Каражал, на котором рудные залежи прослежены разведочным бурением с поверхности до глубин 1 000-1 200 м. Для выходящих на поверхность железорудных тел Западного участка месторождения Кентобе интенсивность гравитационного поля еще больше – 3,0 мГал [1]. Достаточное количество априорного материала дает возможность выделения такой закономерности, что с уменьшением глубины залегания и размеров месторождений атасуйского типа амплитуда аномалий силы тяжести значительно уменьшается и не превышает 0,8-1,0 мГал.

Наличие полиметаллических и железомарганцевых руд повышает электропроводность рудовмещающих горизонтов. Величина и характер удельного электрического сопротивления (УЭС) связаны с изменчивостью состава рудосодержащих пород, пористости и других факторов. Необходимо учитывать, что геофизические поля показывают суммарный эффект, в том числе и ряда осложняющих факторов: влияние пород коры выветривания, рыхлых образований с переменной мощностью, вулканогенных образований различного состава и т.д. Наличие этих факторов можно охарактеризовать, как

сложные физико-геологические условия. Поэтому, для решения прогнозно-поисковых задач нельзя ограничиваться результатами только одного метода. Необходимо проводить анализ комплекса геофизических данных по району работ.

Для опосредованного более глубоких горизонтов в условиях повсеместного распространения верхнего низкоомного слоя рыхлых образований требуется применение соответствующих технологий электроразведки. Для изучения УЭС разреза с целью поисков и оконтуривания рудных зон в диапазоне глубин от 50-100 м до 1 500-2 000 м рекомендуется применять электроразведку методом аудио-магнитотеллурического зондирования в диапазоне частот 0.1-10 кГц (АМТЗ). Поисковая эффективность этого метода подтверждена результатами опытных геофизических работ, проведенных на месторождении Восточный Жайрем в 2016 г., опираясь на результаты которых можно предполагать, что рудоносные толщи проявят себя зоной пониженного сопротивления до 20-50 Ом·м с фоновыми сопротивлениями 250-300 Ом·м. При этом следует иметь в виду, что аномалии проводимости могут быть как "рудными", так и "безрудными", что связано с присутствием в разрезе углифицированных горных пород пониженного удельного электрического сопротивления и не отличающегося по этому параметру от рудных залежей.

Основанием для постановки комплекса геофизики являются результаты работ, проведенных в разные годы на территории Атасуйского района. Район исследований считается перспективным на наличие железомарганцевого или железного оруденения гематит-магнетитового состава по следующим факторам:

1. Приуроченность предполагаемого рудного объекта к Жаильминской синклинали в Атасуйском районе, с которой связаны такие крупные барит-полиметаллические месторождения, как Бестобе, Восточный Жайрем и Западный Каражал. Барит-свинцово-цинковые и железорудные тела расположены в приподнятых частях центральных участков синклиналей. На площади работ по геологическим данным предполагается аналогичное

поднятия, ограниченное крупными разломами;

2. Тектонический контроль выражен наиболее отчетливо и проявлен двумя разломами, ограничивающими предполагаемый рудный объект. Возможно, они служили рудопроводящими каналами для гидротермальных растворов;

3. Литологический контроль характеризуется развитием в Жаильминской синклинали илово-впадинного типа разреза, характерного для Жайремской группы месторождений. Оруденение в них распространено в отложениях сероцветной пачки верхнего фамена;

4. Широко проявлен гидротермальный метасоматоз вмещающих пород, что выражено в хлоритизации, карбонатизации, серицитизации пород, интенсивность которых постепенно увеличивается с глубиной. Имеются трещины, заполненные кальцитом и кварцем;

5. Наличие в керне пробуренной поисковой скважины пиритизации пород с глубины 442.8 м, местами обильной, в виде кучно и тонкорассеянной вкрапленности, а также кристаллов сфалерита на глубине 461.7-507.2 м и галенита 507.2-769 м. Все это является прямыми признаками оруденения.

Рассмотренные материалы дают возможность обоснования комплекса геофизических методов, состоящий из наземной гравиразведки и электроразведки методом АМТЗ.

Целью исследований является изучение информативности гравиметрических и электроразведочных данных с целью увеличения глубинности исследований и обеспечения высокой надёжности выделения аномалий рудной природы за счет решения следующих геологических задач:

- изучение и выделение глубинных объектов рудного характера;
- картирование и изучение тектонических нарушений;
- поиск и картирование интрузивных образований;
- уточнение границ между различными литологическими разностями.

Методика и техника

Если гравиразведка традиционно проводится на месторождениях

Атасуйского района при решении поисково-разведочных задач, то электроразведочные исследования методом АМТЗ впервые начали проводиться ТОО НПЦ «Геокен» в 2016 г.

Гравиметрическая съемка проводилась в площадном и профильном вариантах гравиметрами по сети 100x50, при профильной съемке шаг гравиметрических наблюдений по профилю составил 25 м.

Магнитотеллурические методы электроразведки с момента своего появления до 90-х годов прошлого столетия применялись для решения региональных задач (изучение неоднородностей фундамента и осадочных отложений в пределах крупных бассейнов). Благодаря увеличению регистрируемого частотного диапазона в сторону высоких частот появилась модификация, активно используемая в практике поисковых работ, называемая аудиомангнитотеллурическое зондирование (АМТЗ). АМТЗ зарекомендовал себя при построении геоэлектрической и, на ее основе, геолого-геофизической модели разреза до глубин 1-2 км [2].

Зондирования АМТ проводились в профильном (275 ф.т., шаг 100 м) и площадном вариантах (341 ф.т., сеть 500x200 м). При такой расстановке глубинность исследования составила 1,5-2 км. Установка аппаратуры в точке АМТЗ проводилась на основе широко применяемой в мире при разведочных работах аппаратуры MTU-5 компании Phoenix Geophysics (Канада) [Fox, 2001]. В центральной части расстановки устанавливается многоканальный измеритель, к которому подключается для внешнего питания аккумулятор и для определения времени и географической привязки – антенна спутниковой системы навигации. Для измерения параметров электрического поля к измерителю подсоединяются неполяризуемые электроды (датчики), а магнитное поле фиксируется индукционными датчиками. Как правило, датчики ориентируются на географические или магнитные север и восток [3; 4].

В результате измерений, длительность которых составила 6 часов, получены записи компонент поля – горизонтальных электрических (E_x , E_y) и магнитных (H_x , H_y , H_z). Работы проводились по прогрессивной схеме с

удаленной базовой точкой, одновременно несколькими станциями. Это дает возможность при проведении обработки в синхронном режиме подавить некоррелируемые шумы и повысить качество данных АМТЗ. Следующим этапом является анализ МТ данных, в который входит расчет независящих от ориентации осей координат параметров неоднородности и асимметрии среды, строятся полярные диаграммы модулей и фаз компонент тензора импеданса, анализируются кривые, графики, частотные разрезы и карты различных параметров [Бердичевский и др., 1997]. При этом оценивается уровень приповерхностных статических искажений, локализуются основные аномалии, оценивается размерность среды, определяются азимуты простирания вытянутых структур. В результате анализа МТ данных выбираются методы решения обратной задачи (1D, 2D, 3D) и наиболее оптимальный комплекс данных [5]. Так, в районе исследований после объединения всех площадных разрезов, создана база для построения карт кажущегося сопротивления на различных частотах по двум компонентам (главным и дополнительным), полярных диаграмм и карт типперов с реальными индукционными векторами.

Анализ построенных карт АМТЗ позволяет сделать следующий вывод:

1) На частотных срезах наблюдается повышение сопротивления с глубиной. Это наблюдается и на полярных диаграммах;

2) Карты, построенные на верхних частотах, имеют диаграммы округлой формы, что свидетельствует об одномерном геологическом строении. С уменьшением частоты (увеличением глубины) полярные диаграммы изменяют форму со сферической на овальную и форму восьмерки, что связывается с усложнением геологического строения;

3) Такая же картина наблюдается и на картах типперов с реальными индукционными векторами, на верхних частотах – вектора имеют направление практически в одну сторону, а с увеличением глубины – вектора меняют свои направления в сторону простирания геологического объекта с увеличением интенсивности вектора;

4) Таким образом, анализ карт типперов и векторов индукционных

векторов дает возможность сделать вывод, что верхняя часть исследуемого разреза характеризуется одномерным строением, а с увеличением глубины проявляется влияние двумерных геологических неоднородностей.

Геологическую интерпретацию данных АМТЗ можно разделить на несколько этапов. На первом этапе производился сбор априорной геологической информации, ее анализ, изучение физических свойств пород района исследований, анализ данных бурения, привязка геологических разрезов к геоэлектрическим разрезам, полученным на основе обработки и предварительной интерпретации данных АМТЗ, создание цифровой базы данных геологических границ для скважин, пробуренных вдоль профилей АМТЗ. На втором этапе для подготовки данных к проведению 2D инверсии производился учет априорной информации в виде создания литологических колонок по скважинам вдоль профиля наблюдений. На основании созданной геолого-литологической модели были проведены контрастные слои (геологические границы). Данные процедуры производились с помощью программы двумерной интерпретации данных аудиоманнитотеллурических зондирований ZONDMT2D.

После этого начинался расчет инверсии с учетом априорной геологической информации. Двумерная инверсия рассчитывалась с использованием алгоритма Smoothness constrained – инверсия по способу наименьших квадратов с использованием сглаживающего оператора. В результате применения этого алгоритма получают гладкое (без резких границ) и наиболее устойчивое распределение параметров.

Степень схожести исходной модели и модели, полученной в результате инверсии, определяется параметром «Smoothing factor» в окне настройки параметров инверсии. Чем больше значение параметра «Smoothing factor», тем меньше результат будет отличаться от априорной модели. Для моделей по профилям месторождения Восточный Жайрем значение параметра «Smoothing factor» изменялось в пределах от 82 до 100%.

Экспресс-оценку результата инверсии можно дать и по значению

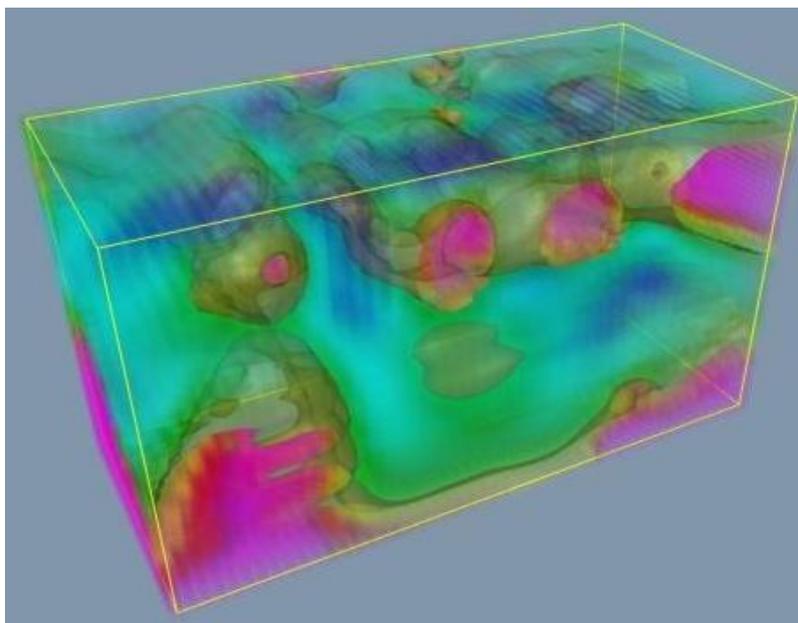


Рисунок 2 – 3D-модель УЭС по данным АМТЗ

Горизонты полиметаллических и железомарганцевых руд на разрезах УЭС отмечены на глубинах 300-500 м низкими значениями сопротивлений порядка 10-20 Ом·м и расположены в западной части участка.

Свинцово-цинковые руды обнаруживаются в электромагнитных полях как зонами низких сопротивлений (до 30 Ом·м), так и градиентными зонами поля УЭС (до 80-100 Ом·м). Характерной особенностью модели является то, что рудные горизонты (зоны низких и градиентных значений УЭС) расположены между высокоомными областями значений УЭС, которые интерпретируются как верхнефаменские и нижнетурнейские, преимущественно карбонатные и туфогенно-осадочные, породы.

Зоны высоких сопротивлений на периферии (на западе и востоке) профилей, на глубинах более 1 000 м описывают массивы трахитовых порфиров, УЭС которых по электроразведочным данным достигает более 800-1 000 Ом·м. Кровля коренных нижнепалеозойских пород наблюдается на глубинах 800-1 000 м и для них характерны зоны высоких сопротивлений (до 2 000 Ом·м). Зоны низких удельных сопротивлений прослежены на глубинах от 600 до 800 м в восточной части месторождения Жайрем Восточный. По всей вероятности, они приурочены к углифицированным карбонатным породам

верхнего фанена.

На западном и восточном окончаниях профиля 10, в районе пикетов 300-400 и, соответственно, ПК1 300-1 400 на разрезе АМТЗ, выделяются мощные проводящие зоны, по всей вероятности, связанные с глубинными разломами.

По данным гравиразведки также были построены геоплотностные 3D-модели. Разрезы геоплотностной модели по профилям существенно дополнили материалы для комплексного анализа совместно с данными электроразведки АМТЗ. Барит-полиметаллические и железомарганцевые руды однозначно выделяются локальными зонами повышенной плотности в местах увеличения мощности рудных горизонтов и по значениям на порядок выше фоновых значений. Для более полной интерпретации к данным электроразведки и магниторазведки были добавлены результаты магниторазведки и электроразведки методом ДЭЗ-ВП прошлых лет. На Рисунке 3 представлены результаты комплексной интерпретации геофизических данных.

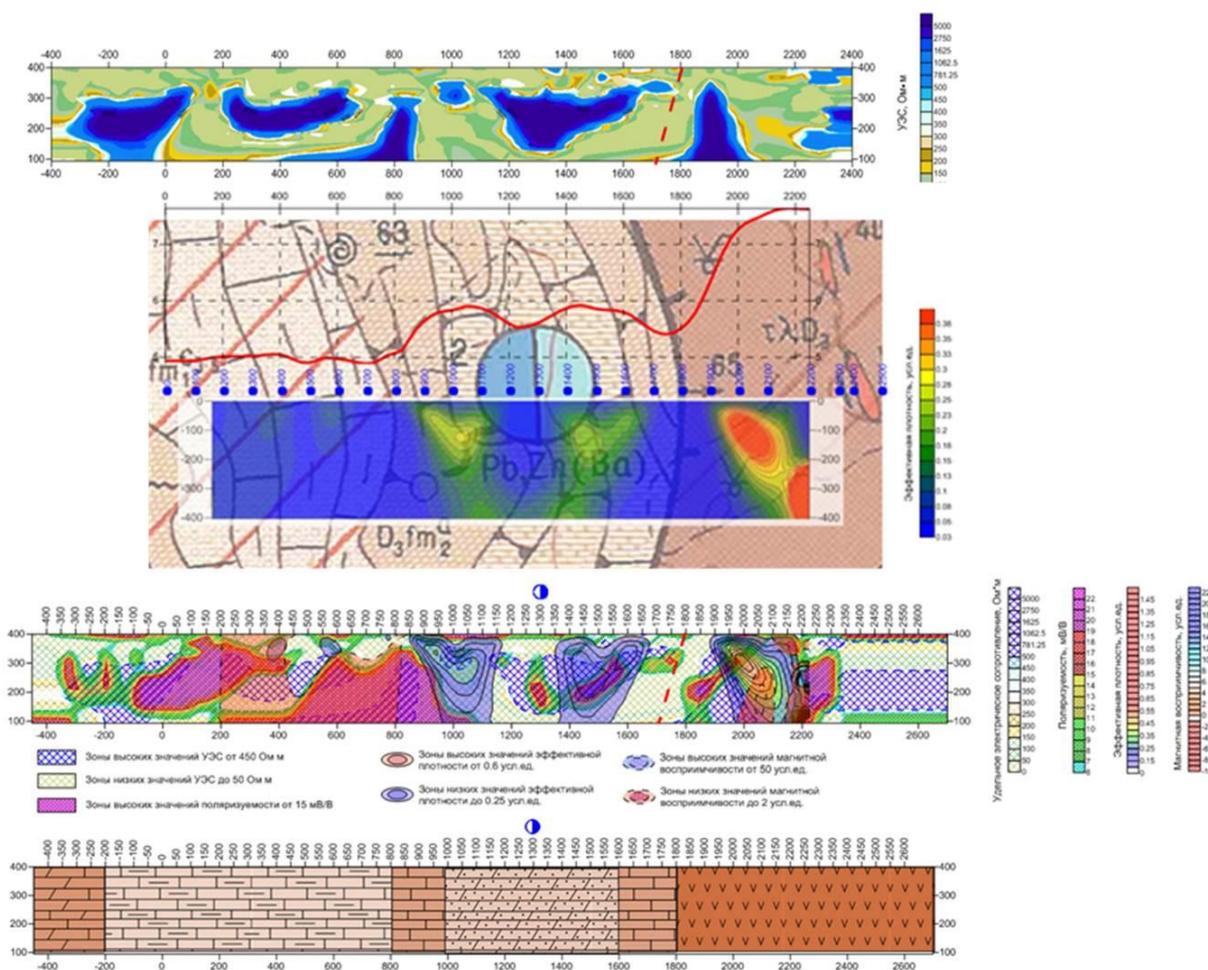


Рисунок 3 – Результаты комплексной интерпретации геофизических данных

Подводя итоги по выполненному анализу отметим, что основными рудоконтролирующими факторами месторождений Жаильминского металлогенетического типа являются: приуроченность руд к осадкам фаменского яруса верхнего девона, согласное и субсогласное залегание рудных тел среди вмещающих пород, локализация руд железа и марганца в кремнистых и кремнисто-карбонатных, свинца и цинка – в углисто-глинисто-карбонатных породах, наличие структурно-тектонического контроля оруденения. Руды залегают в разновозрастных массивных известняках, алевролитах, песчаниках и вулканитах кислого состава.

Метод аудиоманнитотеллурического зондирования позволяет изучить геологическое строение района до глубин 1 500-2 000 м. По результатам расчета инверсий по данным метода АМТЗ на моделях УЭС отмечаются: высокоомные и низкоомные зоны, приуроченные к литологическим границам, определенному стратиграфическому горизонту и собственно к рудной залежи. Интрузивные образования в поле УЭС образуют обособленные высокоомные зоны. Тектонические нарушения в геоэлектрических полях отмечаются областями аномально низких сопротивлений, с резкой сменой знака в зоне аномалий. Углифицированные горные породы геологического разреза месторождений описываются в поле УЭС областями низких значений, что затрудняет классифицировать источник вызванных аномалий УЭС с низкими значениями. На месторождениях атасуйского типа метод АМТЗ рекомендуется проводить в профильном варианте, в виде региональных исследований с шагом 200-500 м (со сгущениями до 50-100 м) с целью изучения и уточнения геологического строения совместно с детализационными электроразведочными исследованиями методами ЗСБ и ДЭЗ-ВП. При планировании работ методом АМТЗ, следует учитывать следующий немаловажный фактор: региональные профили АМТЗ должны быть расположены по линиям, совпадающим с проложением хорошо изученных геологических разрезов. Это позволит, при

последующей интерпретации ввести в первичную модель расчета априорную геологическую информацию, тем самым сузить диапазон эквивалентности решения обратной задачи.

К достоинствам технологии АМТЗ можно отнести мобильность, относительную простоту проведения полевых измерений, повышенную глубинность исследований.

Методами гравirazведки достаточно четко выделяются структуры второго, третьего и более высоких порядков: антиклинальным структурам, сложенным вулканогенными образованиями, отвечают участки относительно повышенных значений силы тяжести до 3-5 мГал и более; синклинальным структурам, заполненным осадочными породами верхнего фамена, турне и визе, как правило, соответствуют области относительно пониженных (на 2-3 мГал) значений силы тяжести. Крупные структурные элементы находят четкое отражение в региональной составляющей гравитационного поля, мелкие - в их остаточной высокочастотной компоненте.

Данными гравirazведки картируются красноцветные известняки верхней пачки верхнего фамена (D3fm23), которые нередко под чехлом рыхлых отложений проявлены выступами в рельефе коренных пород. Выступы рельефа могут быть обусловлены горизонтом барит-полиметаллических руд, более плотных и устойчивых к выветриванию, чем вмещающие породы. Железорудные и железомарганцевые залежи, а также барит-полиметаллические тела и рудосодержащие скарны отмечаются положительными локальными гравитационными аномалиями в пределах площадей распространения продуктивной толщи верхнего фамена.

Выделение интрузивных массивов, как погребенных, так и выходящих на поверхность в гравirazведке базируется на основности пород – гранитные массивы и тела проявляются в полях отрицательными аномалиями, габброиды – положительными. Четко фиксируются гравirazведкой разрывные нарушения, как крупные, региональные, так и разломы более высоких порядков. Таким образом, гравirazведка себя зарекомендовала, как высоко информативный

метод геофизических исследований.

Библиографический список:

1. Байдалинов А.Т. Научно-методические основы поисков месторождений цветных и черных металлов в Центральном Казахстане. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Караганда, 2010.

2. Джукебаев М.И., Умирова Г.К., Махмудулы М., Конакбаев Н.Н. Опыт проведения электроразведочных методов при поисках рудных месторождений. Журнал: Геология и охрана недр. №4 (65), 2017. – с. 43-50.

3. Article. Umirova, G.K., Istekova, S.A., Modin, I.N. Results of magnetotelluric survey on reference geophysical profiles of the Karaton-Sarkamys block in Kazakhstan. Russian Geology and Geophysics, 2018, 59(1), стр. 96-104.

4. Article. Umirova, G.K., Istekova, S.A., Modin, I.N. Magnetotelluric soundings for estimating the oil- and-gas content of the Mesozoic complex in Western Kazakhstan. Moscow University Geology Bulletin, 2016, 71(5), стр. 361-367.

5. Пушкарев П. Ю. Интерпретация низкочастотных электромагнитных зондирований неоднородных сред применительно к решению геологических задач. Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Москва 2017.