Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXIX, вып. 2, 1961 г.

О КОМПЛЕКСНОМ ПРИМЕНЕНИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ КРУПНОМАСШТАБНОМ КАРТИРОВАНИИ

Г. С. Штейнберг

Комплексные геофизические работы ставились в одном из районов Казахстана с целью детального геологического картирования. Рельеф территории — слабовсхолмленная равнина с относительными превышениями не более нескольких метров. Мощность наносов в пределах картировавшегося участка от 0,3 до 1—1,5 *м*.

В ходе работ по предварительной разведке флангов редкометалльного месторождения потребовалось составить детальную геологическую карту масштаба 1 : 1000 на площади около 1,5 *км*^{2}. Карта должна была служить основным документом для постановки бурения на слепые рудные тела.

Так как разведуемый участок полностью закрыт рыхлыми отложениями, для составления подобной карты потребовался значительный объем горных работ. Поэтому геологическое картирование проводилось в комбинации геофизических работ с проходкой магистральных канав. Первоначально предполагалось пройти вкрест простирания через 50—100 *м* ряд магистральных канав, а затем прослеживание отдельных горизонтов и зон между канавами вести с помощью геофизических методов. Однако, как показано ниже, более правильным и экономичным оказалось проведение работ в обратной последовательности: сначала весь планшет был закрыт геофизической съемкой, а затем аномалии вскрывались контрольными горными выработками.

Редкометалльное месторождение расположено в толще кислых верхнепалеозойских эффузивов и их туфов и приурочено к участкам пересечения зоны разлома северо-северо-восточного простирания с дайковым поясом широтного простирания. Непосредственно в пределах месторождения оруденение отмечается в мелких маломощных нарушениях, оперяющих основную зону, в основной тектонической зоне — в участках сочленений ее с оперяющими нарушениями и дайками основного состава. Оруденение представлено сульфидами молибдена, свинца и цинка, а также значительными количествами пирита и гематита и некоторыми другими рудными минералами. Жильные минералы представлены кварцем, карбонатом и серицитом.

Таким образом, основная геологическая задача, которую предстояло решить с помощью геофизических методов, заключалась в выявлении и прослеживании зон разломов и дайковых поясов, а также в выделении участков их пересечения. Соответственно задаче был выбран комплекс геофизических методов.

Магниторазведка. С помощью магнитного метода выявлялись и прослеживались дайки основного состава (диабазовые порфириты). Условия

для магниторазведки на данном участке весьма благоприятны, так как вмещающими породами являются практически немагнитные кислые эффузивы. Магниторазведка проводилась с помощью магнитометра М-2, настроенного на чувствительность 20—25γ/дел. по сети 20 × 5 с детализацией в отдельных участках до 10×2 *м*. Профили ориентировались в меридиональном направлении — вкрест простирания дайкового пояса. Все дайки отмечались небольшими (100—200γ над фоном), но очень четкими аномалиями и хорошо прослеживались на десятки и даже сотни метров по простиранию (рис. 1).

Когда тектонические нарушения смещают части даек относительно друг друга, по данным магниторазведки удается определить местоположение и направление тектонических нарушений (рис. 1 и 2). Дайки, падающие под углом более пологим, чем 70°, сопровождались заметным минимумом в лежачем боку. Как правило, данные магниторазведки интерпретировались однозначно. Только иногда возникали трудности при интерпретации данных, полученных в участках сочленения даек с тектоническими нарушениями. Так, в центральной части планшета (см. рис. 1 и 2) между узким и локальным максимумом на юге и широким расплывчатым на севере отмечен интенсивный минимум (800—900γ). Он вызван тем, что в этом участке дайки диабазовых порфиритов падают в разные стороны. Расплывчатый характер «северного» максимума объясняется тем, что здесь имеется не одна дайка, а серия параллельных даек, полого падающих на север. Возможно, указанные элементы залегания являются не первоначальными, а вызваны последующими тектоническими перемещениями.

Таким образом, по данным магниторазведки, были закартированы дайки основного состава, определены их элементы залегания и в отдельных случаях установлено местоположение и направление некоторых тектонических нарушений.

Электроразведка. Электроразведка применялась для прослеживания зон разлома. Опытные работы по выявлению наиболее эффективных электрических методов показали, что наилучшие результаты дают дипольное профилирование и съемка срединного потенциала. Кроме того, для определения маломощных минерализованных разломов использовался метод естественного поля.

Дипольное профилирование проводилось односторонней установкой с размерами питающего диполя $AA_1 = 20$ *м*, приемного $MN = 10$ *м* и расстоянием между центрами диполей $OO_1 = 50$ *м*. Шаг установки определялся мощностью зоны разлома и принят равным 10 *м*. Обычно зона разлома фиксировалась минимумом $\rho_к = 150$—250 *ом·м* и хорошо выделялась по наличию двух минимумов на графике $\rho_к$. Оба минимума — основной и экранный — имели приблизительно одинаковую величину; расстояние между минимумами, равное расстоянию между центрами диполей, выдерживалось очень четко и служило хорошим критерием. Дипольное профилирование проводилось по разреженной сети — профили через 50 *м* — и использовалось для контроля результатов съемки срединного потенциала.

Методика съемки срединного потенциала близка к съемке срединного градиента. Питающие электроды *A* и *B* разносились на 450 *м*. Работа велась в средней трети планшета. Размер планшета 150×100 *м*. Электрод *M* закреплялся неподвижно на линии *AB* в 100 *м* от электрода *B*. Электрод *N* перемещался по профилям. Съемка велась по сети 10×10 *м*. Для каждого положения электрода *M* рассчитывался коэффициент *K*.

Такая схема обеспечивала высокую производительность труда, так как позволяла одновременно со съемкой потенциала производить съемку

по методу естественного поля. Для этого панелька потенциометра имела переключатель, которым отключалась питающая цепь и одновременно вместо неподвижного электрода *M* включался неподвижный неполяри-

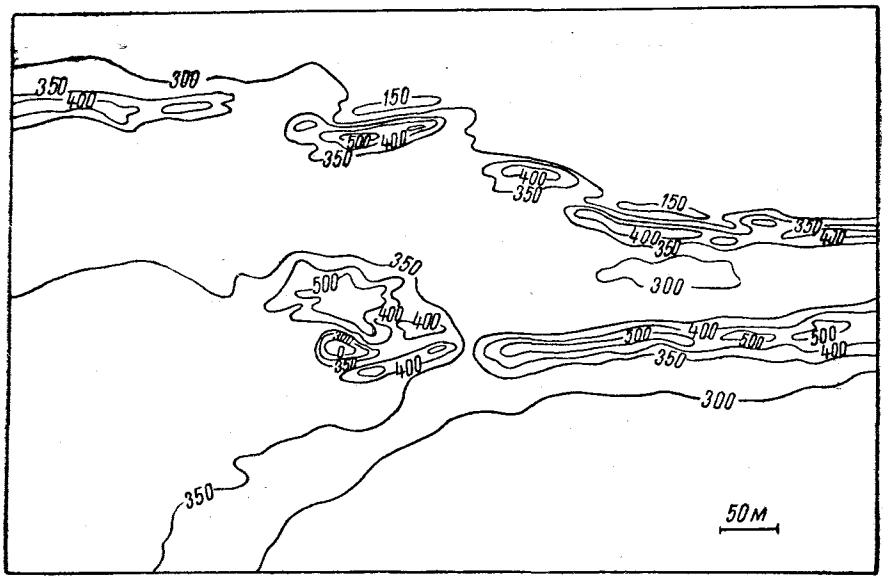


Рис. 1. Карта изолиний ΔZ

зующийся электрод. Второй неполяризующийся электрод находился у рабочих и с помощью вилки подключался вместо электрода *N*. Производительность труда по такой методике в условиях полупустынной ме-

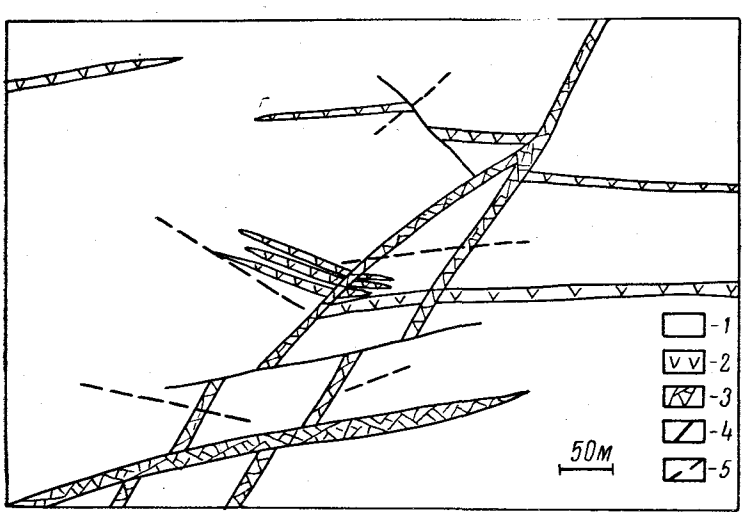


Рис. 2. Геологическая карта, составленная по геофизическим данным:

1 — фельзиты и их туфы; *2* — дайки диабазовых порфиритов; *3* — зоны разлома и дробления; *4* — тектонические нарушения; *5* — минерализованные разломы

стности достигала 600 точек в день (300 по одному методу и 300 — по другому); при налаженной работе за день удавалось отработать два планшета. Бригада состояла из оператора, вычислителя и двух рабочих.

Контрольные наблюдения по методу срединного потенциала показали исключительно точное совпадение с результатами рядовых измерений. Расхождения по $\rho_к$ почти нигде не превышали 5%.

По данным съемки срединного потенциала в пределах исследованной площади выделяется зона пониженного сопротивления северо-восточного простирания (рис. 3). В центральной части планшета эта зона раздваивается и затем несколько меняет простирание. На юге планшета четко фиксируются две зоны пониженного сопротивления северо-восточного простирания и несколько менее уверенно выделяется зона широтного простирания.

Вскрытие канавами и последующая геологическая документация внесли незначительные поправки в предварительную интерпретацию:

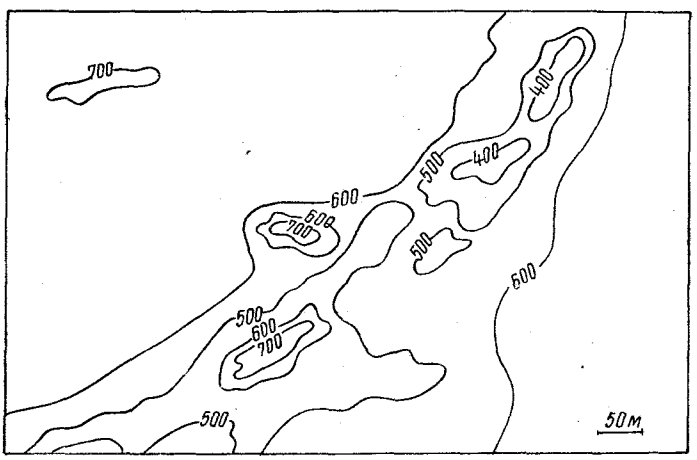


Рис. 3. Карта изолиний $\rho_к$ по данным съемки срединного потенциала

выяснилось, что в центральной части планшета зоны не меняют простирания, а смещаются к западу нарушением широтного простирания (см. рис. 2). Помимо указанных зон пониженного сопротивления, характеризующихся $\rho_к \leqslant 500$ *ом·м*, выделяются три зоны повышенного сопротивления $\rho_к \geqslant 600$ *ом·м*. Две из этих зон довольно точно совпадают с дайками порфиритов, выделенных по данным магниторазведки. Эти аномалии вызываются не повышенным удельным сопротивлением порфиритов, а тем, что дайки являются более устойчивыми, чем вмещающие породы, и хуже поддаются выветриванию, в результате мощность наносов над ними значительно меньше. Влияние мощности наносов в методе срединного потенциала, по-видимому, может быть довольно значительным. Как показали опытные работы, аномалии могут быть вызваны не только тектоническими зонами, но и участками с повышенной мощностью наносов. Однако это обстоятельство не внесло сколько-нибудь заметных помех в интерпретацию, так как раздробленные трещиноватые породы из тектонических зон легко поддаются разрушению и мощность наносов над этими зонами значительно больше, чем над неизменными фельзитами. Особенно характерно это для тектонических зон мощностью 10 *м* и более. Кроме таких крупных зон, требовалось выявить маломощные оперяющие разломы, так как именно в них и участках сочленения их с основной зоной локализовано оруденение. Для выявления этих разломов методами кажущихся сопротивлений пришлось бы уменьшить размеры приемной и питающей установок и уменьшить шаг уста-

новки. Кроме того, профилирование для выявления этих объектов пришлось бы вести по новым профилям, так как эти нарушения пересекают главную зону под углами, близкими к прямым. Вторичное электропрофилирование участка резко повысит стоимость работ, не говоря уже о том, что съемка с малым шагом установки малопроизводительна. Поэтому для выявления оперяющих разломов было предложено использовать метод естественного поля. Это предложение основывалось на геологических данных, согласно которым в минерализованных зонах, приуроченных к оперяющим разломам, отмечалось повышенное содержание сульфидов: пирита (до 15%), галенита и молибденита (около 1%), а также гематита окислов марганца и некоторых других окислов.

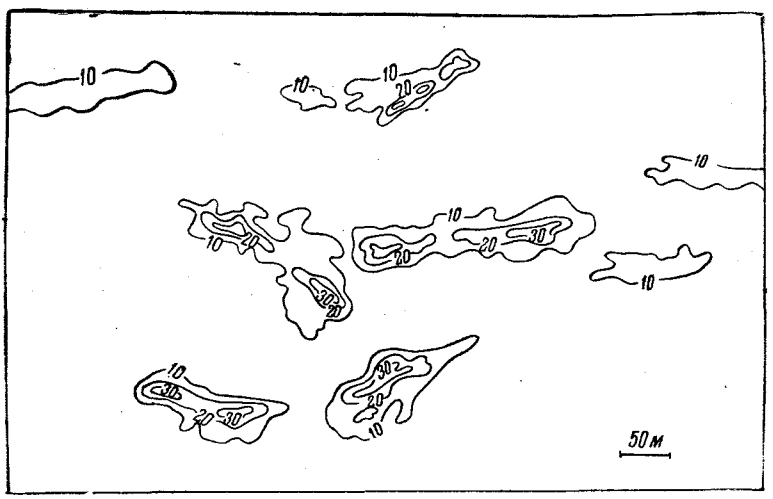


Рис. 4. Карта изолиний потенциалов естественного поля

Работы по методу естественного поля велись в модификации съемки потенциалов. В результате выявлены четыре аномалии интенсивностью до $-30mV$ (рис. 4). Все аномалии имеют ясно выраженное близширотное простирание и, как показало вскрытие канавами, вызываются маломощными (от 0,5 до 1,5—2*м*) минерализованными зонами. В ряде участков небольшие (до $-10mV$) аномалии совпадают с дайками. В целом участок характеризуется спокойным ($+5 — +10mV$) полем. Как упоминалось, съемка проводилась по отдельным планшетам площадью 100×150 *м*. Планшеты увязывались между собой перекрытием на одну треть (5 точек); кроме того, опорный профиль (обычно центральный) увязывался полностью в 15 точках с двух точек стояния (при двух положениях неподвижного электрода). Контроль проводился путем повторных отсчетов на начальных точках каждого профиля. Относительная ошибка при этом составляла 6—9%.

В целом по данным электроразведки было установлено положение основной зоны разлома и оперяющих ее нарушений. Эти данные в сочетании с данными магниторазведки о местоположении даек позволили составить геологическую карту масштаба 1 : 1000. После уточнения отдельных деталей геологического строения с помощью горных выработок и контрольного вскрытия аномалий эта карта (см. рис. 2) была принята в качестве основного документа для постановки буровых работ на слепые рудные тела. Таким образом, комплексное применение ряда геофизических методов позволило быстро и экономично решить поставленную геологическую задачу.