Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1987, т. 113

УДК 550.84.082.75

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТАКТНОГО СПОСОБА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ КРИВЫХ НА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

В.П.КОРОСТИН, П.А.КОНЕВ,
Н.А.СИЯНОВ, А.А.КЛИМЕНКО

Среди геофизических методов, используемых для обнаружения и приближенной характеристики масштабов железорудных объектов, широко применяется магниторазведка. Для решения геологических задач, связанных с прослеживанием протяженности отдельных рудных тел и определения их местоположения, применяются также и некоторые методы электроразведки (заряд, МЭК и др.). Однако, точность и надежность решения ими названных задач пока остается еще недостаточной.

Для указанных задач может быть предложен контактный способ поляризационных кривых (КСПК). Метод КСПК предназначен для определения среднего минерального состава рудных тел, их масштабов и местоположения, а также выяснения взаимосвязи оруденелых интервалов по разным скважинам или горным выработкам.

К настоящему времени он широко опробован на сульфидных месторождениях [2]. Полученные методом КСПК данные о составе и масштабах нашли удовлетворительное подтверждение на различных месторождениях в результате геологических исследований и бурения скважин. Имеется также положительный опыт применения метода и на железорудных месторождениях скарново-магнетитового типа в Северном Казахстане [1]. В составе руд в этих месторождениях кроме магнетита отмечалось наличие до 10 % пирита и пирротина. Удельное электрическое сопротивление руд в среднем составляло 10–20 Ом·м. По результатам выполненных методом КСПК работ на месторождениях Северного Казахстана были отмечены следующие особенности: повышенные значения потенциалов электрохимических реакций на магнетите при катодной поляризации (–0,9 и –1,7 В, табличные значения соответственно –0,7 и –1,5 В), повышенное в 10 раз значение коэффициента перехода K_{100} = 5000 м^2/А для первой катодной реакции на магнетите по сравнению с его значениями на сульфидах. Отмеченные особенности указывали на своеобразие некоторых поляризационных параметров на железорудных месторождениях.

С целью выявления подобных особенностей и определения возможностей метода КСПК при решении геологических задач на железорудных месторождениях Восточной Сибири были выполнены исследования на некоторых рудных объектах. Из геологических особенностей изучавшихся железорудных объектов в Восточной Сибири, по сравнению с северо-казахстанскими, отметим доминирующее

содержание в рудах магнетита и незначительное количество сульфидов и других минералов. В генетическом отношении изучаемые объекты тесно связаны с вулканической деятельностью и, как правило, тяготеют к области локализации древних вулканов. Большая их часть обладает обратной намагниченностью. Удельное электрическое сопротивление руд повышено (в среднем 50 Ом·м). Наблюдения выполнялись также на железорудном объекте, принадлежащем к типу железистых кварцитов. Ранее на подобных образованиях работы методом КСПК не проводились. Особенностью этого типа оруденения является повышенное удельное электрическое сопротивление руд (в среднем 100-300 Ом·м), что могло существенно повлиять на характер возбуждаемых электрохимических реакций и усложнить форму регистрируемых поляризационных кривых.

На первом из изучавшихся месторождений к началу работ методом КСПК рудное образование представлялось в виде единой крупной залежи, протягивающейся в субширотном направлении на расстояние до 3 км и круто падающей в северном направлении. Вмещающей средой для залежи служили пологозалегающие туфопесчаники и алевролиты карбонового возраста.

Для выяснения взаимосвязи рудных подсечений между скважинами и выяснения морфоструктурных особенностей залежи широко использован увязочный вариант. Для этого питающие электроды располагались в скважинах, пересекающих разные части залежи (см.таблицу). Увязочные электроды располагались в соседних скважинах и поляризационные наблюдения для них проводились от одного питающего электрода одновременно.

Размещение электродов при работе методом КСПК

Поляризационные кривые (рис.1, а)	Электрод			
	питающий		приемный	
	Скважина	Глубина, м	Скважина	Глубина, м
1	22	450	24	450
2	22	450	5	395
3	22	450	22	449
4	22	450	50	188
5	22	450	13	397
6	22	450	110	380
7	109	607	109	607
8	109	607	95	550
9	130	375	110	350
10	130	375	130	375
11	109	483	109	483

Поляризационные кривые (рис.I,а), зарегистрированные при катодной поляризации по нескольким скважинам, имеют различную форму. При расположении

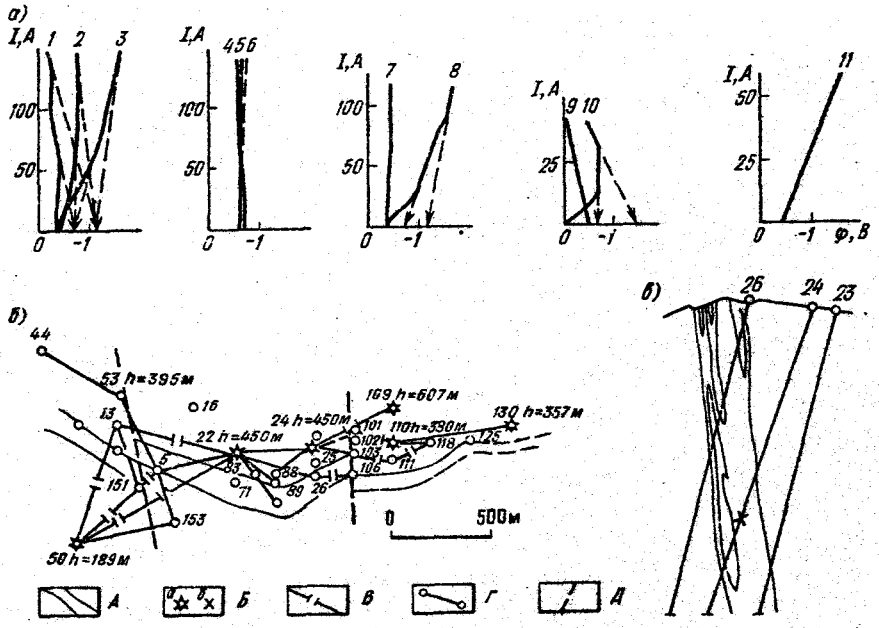


Рис.1. Результаты исследований методом КСПК на железорудном месторождении:
а - поляризационные кривые; б - схема увязки рудной залежи; в - схематический геологический разрез
А - рудная залежь; Б - положение питающего (а) и приемного (б) электродов; В - неувязка; Г - увязка; Д - предполагаемые тектонические смещения

питающего электрода в скв.22 были записаны две группы поляризационных кривых. В первой группе (кривые I-3) наблюдалось наличие трех линейных отрезков с потенциалами -(0,I÷0,3), -(0,7÷0,8) и -I,2 В. Сравнение их с табличными значениями потенциалов электрохимических реакций[x] указывает на принадлежность полученных величин для первого отрезка кривой кислороду плюс пириту, второго - магнетиту и третьего - второй реакции на пирите. Таким образом, на записанных кривых отражен основной минеральный состав руд. Каждому из минералов соответствует определенная величина предельной силы электрического тока: для реакции на пирите 50 А, на магнетите 80 А. Эти поляризационные кривые имеют одинаковую форму для скважин 22, 24 и 5. Причем такая же форма кривых сохранялась, когда питающий электрод был перемещен в скв.24, а приемные электроды оставались на прежнем месте. Кривые второй группы 4-6 почти параллельны оси тока.

Названные особенности поляризационных зависимостей указывали, что по мере нарастания тока, потенциал рудных тел почти не менялся и электрохимические реакции на изучавшихся рудных подсечениях практически не протекали. Это является свидетельством того, что исследованные оруденелые интервалы

[x] Табличные значения потенциалов электрохимических реакций: кислород плюс пирит - -0,1-0,3 В, магнетит - 0,7-0,8 В, пирит - 1,2 В.

по скважинам I3, 50 и II0 принадлежали различным частям (блокам) рудной залежи. Таким образом, обнаружены структурные смещения разных ее частей относительно друг друга. Последующие исследования по другим скважинам подтвердили раздробленность изучаемого рудного образования. Полученные на разных подсечениях поляризационные кривые отличались друг от друга. Были также разными и величины предельных токов для процессов на основных рудообразующих минералах, что указывало на разный масштаб рудных масс, участвовавших в электрохимических реакциях (рис.I,а, кривые 7, I0). Такая же разобщенность разных частей исследуемой рудной залежи подтверждалась при наблюдении поляризационных кривых в увязочном варианте по разным скважинам (кривые 6, 9).

На основе комплекса исследований, выполненных методом КСПК, составлена схема взаимосвязанных и не связанных рудных подсечений по изученным скважинам, которые расположены в пределах всей залежи. Это дало возможность выделить по данным работ КСПК три части рудной залежи, которые разобщены друг от друга предполагаемыми тектоническими смещениями (рис.I, Наличие одного из тектонических нарушений, находящегося на западном фланге месторождения, было подтверждено последующими геологическими работами (рис.I,в).

На восточном фланге месторождения при исследовании рудного подсечения в скважине I09 на глубине 482 м по поляризационным наблюдениям (см. рис.I, а, кривая II) было выделено рудное тело с заметными массами рудного вещества. Это подтверждается тем, что предельная сила тока первой реакции (кислород плюс пирит) не меньше 50 А.

Другим рудным объектом, на котором проводились поляризационные наблюдения было железорудное проявление небольшого масштаба (рис.2). На этом участке, со сходными геологическими условиями, в одной из скважин (скв.80 пробуренной для проверки магнитной аномалии, было пересечено несколько оруденелых интервалов. На поляризационных кривых для лучших из них, соответствующих глубинам 580 и I80 м (рис.2,а) отмечены электрохимические реакции на магнетите при потенциале -0,75 В с небольшими величинами на не предельных токов -I2 и I8 А, что указывает на незначительные размеры этих рудных образований, не превышающих нескольких десятков метров. Отсутствие пирита по данным КСПК подтверждается геологическими исследования керна. Бурение осседних скважин не вскрыло заметного оруденения, ожидавшегося геологами, и подтвердило данные, полученные методом КСПК.

На другом изучавшемся железорудном объекте, залегающем в толще кварцитов и кристаллосланцев, рудная минерализация представлена преимущественно прожилковыми рудами, имеющими достаточно высокое удельное электрическое сопротивление (I00-300 Ом·м). Основным минералом, слагающим руды, является магнетит, тонкие прожилки из которого переслаиваются с прожилками кварцитов (тип руд – железистые кварциты). Другие минералы присутствуют в незначительном количестве.

Рудные тела расположены параллельно друг другу несколькими слоями и объединены в единую залежь. Протяженность ее составляет около 2 км, при

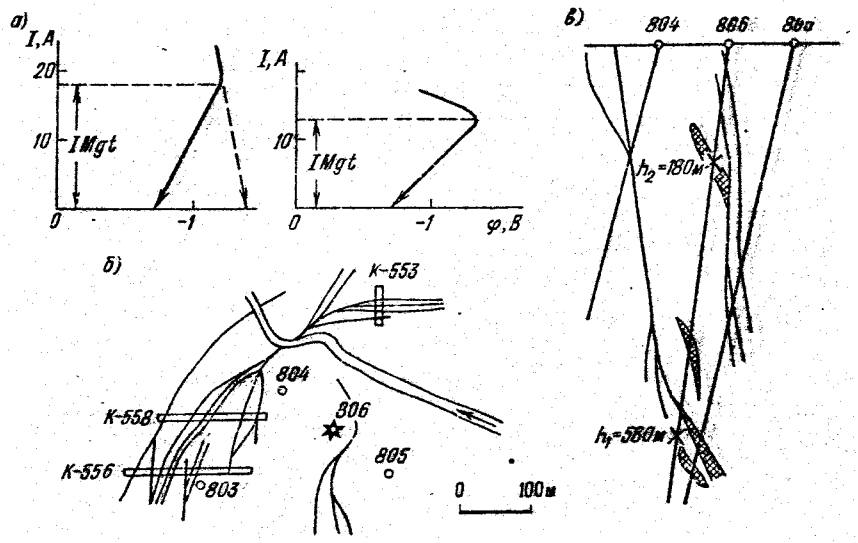


Рис.2. Катодные поляризационные кривые (а), геологический план (б) и разрез (в) на железорудном рудопроявлении

стирание – субширотное, падение – на юг под углом 45-50°. В плоскости падения некоторые тела соединяются, образуя синклинальную складку (рис.3).

Поляризационные наблюдения на участке проводились с одним питающим электродом, который был расположен в скв.60 на глубине h = 117 м. Увязочные электроды располагались в скважинах, пробуренных по простиранию рудных тел с интервалом 300 м, следующим образом:

Поляризационная кривая (рис.3,а)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Скважина	60	59	44	46	47	65	54	66	39	38
h, м	117	70	139	138	184	78	212	48	90	45

При анодной поляризации на кривых отмечена реакция с потенциалом I,6 В, совпадающим с табличными значениями для магнетита (рис.3,а). При катодной поляризации на поляризационных кривых отмечены две электрохимические реакции с потенциалами –0,7 и –I,6 В, которые также соответствуют табличным значениям для магнетита (рис.3,б). Других реакций на поляризационных кривых нет, что подтверждает геологические данные о доминирующем магнетитовом составе руд на этом участке.

Особенностью рассматриваемых поляризационных зависимостей является заметное изменение их формы, которое выражается в закономерном увеличении протяженности первой катодной реакции на увязочных кривых для скважин, последовательно удаленных от места расположения питающего электрода. Менее четко эта же особенность отмечается и на анодных кривых для реакции с потенциалом, равным I,6 В. Такое запаздывание в наступлении предельного со-

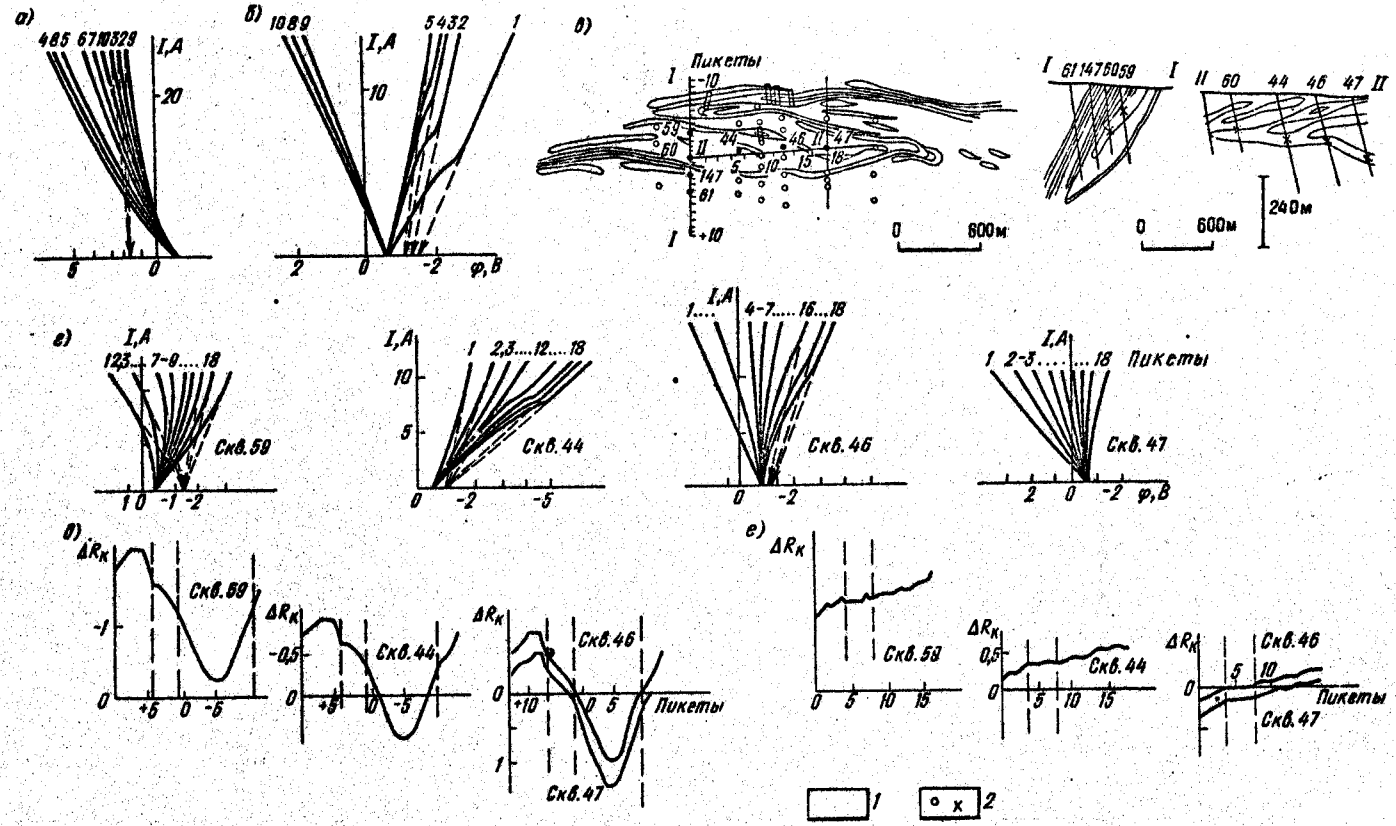


Рис.3. Результаты исследований на месторождении железистых кварцитов: а и б – анодные и катодные поляризационные кривые; в – план участка; г – катодные поляризационные кривые по профилю I–I при расположении приемных электродов в скважинах 59, 44, 46 и 47; д и е – графики распределения значений $\Delta R_K^{изб}$ по профилям 1–1 и II–II соответственно
А – рудные тела, Б – местоположение электродов

стояния и завершения первой электрохимической реакции и преобразование форм кривых из ступенчатой в линейную зависимость является свидетельством уменьшения интенсивности протекания электрохимических реакций и их зонального распространения в частях рудного тела. Указанные особенности зонального развития электрохимических реакций характерны для рудных образований с повышенным удельным электрическим сопротивлением руд и неэквипотенциальными свойствами. Некоторые из этих свойств неэквипотенциальных объектов были ранее изучены экспериментально и впоследствии были подтверждены при изучении природных рудных образований [3, 4].

Одним из результатов выполненных исследований является вывод, что для правильной оценки изучаемых объектов поляризационные наблюдения необходимо проводить в поисково-увязочном варианте с целью выявления областей развития зон электрохимических реакций и полной характеристики рудного объекта. Работы в поисково-увязочном варианте в небольшом объеме были выполнены и на рассматриваемом участке.

Методикой работ по этому варианту предусматривается проведение поляризационных наблюдений от разных неполяризующихся электродов сравнения, расположенных в различных местах околорудного пространства, и по отношению к разным увязочным электродам, размещенным в каждой из зон распространения реакций на изучаемом рудном теле (рис.3,в). В выполненных исследованиях неполяризующиеся электроды сравнения были расположены на поверхности над рудным объектом, по двум профилям: I–I, проходящим вкрест простирания рудного образования, и II–II, проходящим по простиранию на восток от скв.60, в которой размещался питающий электрод.

Для каждого из увязочных электродов снимался веер поляризационных кривых от электродов сравнения, расположенных на профилях I–I и II–II. По наклону участка кривой, относящегося к первой реакции на магнетите рассчитывалось отношение $\Delta\varphi / \Delta I = \Delta R_K^{Mgt}$. Для каждой скважины, в которой размещался увязочный электрод, на профиле II–II характерен свой веер поляризационных кривых (рис.3,г). Выявлена закономерность в увеличении предельного тока первой реакции на магнетите по мере удаления увязочного электрода от питающего. Вместе с этим уменьшается наклон кривых и значения ΔR_K^{Mgt} по мере приближения к питающему электроду (рис.3,д). В строении графиков распределения ΔR_K по профилям I–I и II–II намечаются три участка, соответствующие зонам развития в рудном теле электрохимической реакции на магнетите. Каждый такой участок графика имеет свой угол наклона. В местах приближения электрода сравнения к области распространения первой зоны величины ΔR_K^{Mgt} имеют наименьшие значения. На профиле I–I на графиках хорошо виден выход головы исследуемого рудного образования под небольшой слой рыхлых отложений. Из характера графиков на профиле II–II видно, что границы исследуемого рудного образования полностью не охвачены данным профилем.

На основе выполненных исследований проведено сопоставление оценок масштабов оруденения, полученных по геологическим данным и КСПК. Масса рудного вещества (железа) в условных единицах следующая:

	Масса железа	Количество скважин
Месторождение (центральная часть)	53,94/43	58/11
Рудопроявление	0,1-0,3/0,132	7/1

Примечание. В числителе – по геологическим данным, в знаменателе – по данным КСПК.

Расхождение в среднем составляет около 20 % при учете 20 % от общего числа скважин, использованных при геологическом изучении рудного объекта. Погрешность определения названных параметров рудных образований может быть снижена до 5-10 %, если увеличить количество скважин, используемых при КСПК, до 50 %.

На изучавшихся месторождениях проведено также уточнение переходного коэффициента K_{100} для катодной реакции на магнетите. Полученное значение в 2 раза выше, чем на казахстанских железорудных месторождениях. Одной из причин названного различия может служить более высокое удельное электрическое сопротивление руд на изучавшихся объектах и проявление на них эффектов неэквипотенциальных свойств, описанных выше.

Выводы

1. С помощью КСПК можно определять средний минеральный состав и масштабы распространения в рудном теле или блоке основных рудообразующих минералов (элементов), разделять рудопроявления и месторождения, выявлять структурные особенности месторождений.

2. Подтверждена возможность получения поляризационных характеристик на железорудном объекте типа железистых кварцитов, обладающих высоким удельным сопротивлением руд (100 Ом·м и более), и решения геологических задач, стоящих перед методом. На изучавшемся объекте установлены сложные формы поляризационных зависимостей, связанные с неэквипотенциальными свойствами рудного образования и зональным протеканием на нем электрохимических реакций. Исследование подобных рудных объектов необходимо проводить в поисково-увязочном варианте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батанов В.М., Коростин В.П., Михайлов В.Е. Опыт применения метода КСПК для оценки минерального состава и масштабов магнетитовых месторождений Северного Казахстана. – Тр. ВИТРа, 1979, вып. 127, с. 18-25.

2. Рысс Ю.С. Поиски и разведка рудных тел контактным способом поляризационных кривых. Л., Недра, 1973. 255 с.

3. Рысс Ю.С. Зоны электрохимических реакций на поверхности неэквипотенциальных рудных тел. – Тр. ВИТРа, 1976, вып. 108, с. 37-45.

4. Рысс Ю.С., Коростин В.П. Поляризационные кривые для неэквипотенциальных рудных образований. – Там же, с. 25-36.