УДК 550.837

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДНЫХ РУД

Астафьев П.Ф., Коноплин А.Д., Сарвартинов А.И. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Приведены результаты полевых исследований методом дистанционного индукционного частотного зондирования (ДИЧЗ) на Белореченском рудном поле Североуральской площади в дополнение к комплексным геолого-геофизическим, геохимическим и морфометрическим исследованиям. Результаты работ позволили локализовать две аномалии, связанные с проводящими объектами, и рекомендовать участок для проверочного бурения.

Комплексные исследования при поисках руд, гармоническое электромагнитное поле, индукционные методы электроразведки.

APPLICATION INDUCTIVE ELECTRICAL IN PROSPECTING FOR COPPER ORE

Astafjev P.F., Konoplin A.D., Sarvartinov A.I. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. The results of field studies by remote sensing frequency induction (SHARP) on Belorechinskiy ore field Severouralsk area in addition to the complex geological and geophysical, geochemical and morphometric studies. Results allow localizing the two anomalies associated with conductive objects and Share site for verification drilling.

Comprehensive studies in the search for ore, a harmonic electromagnetic field, electrical induction methods.

Геолого-геофизическая изученность участка работ

В результате комплексных геологических, геофизических, геохимических и морфометрических исследований, проведенных сотрудниками УГСЭ Уралнедра на объекте «ГДП-200 в пределах Североуральской площади» на Белореченском прогнозируемом рудном поле в районе г. Североуральска в 2003–2005 гг., выявлено потенциально колчеданоносное поле площадью 5 км^2 (рис. 1, цветная вкладка), которое в эпицентральной части фиксируется: морфоструктурой центрального типа, субизометричной аномалией поля силы тяжести (от –0,8 в центральной части до +1,0 мГал в обрамлении), магнитного поля (от 700 до 2500 нТл), МПП-А (–150 до +50 мВ). В эпицентре депрессии в 1963 году пробурена скважина № 635[1] глубиной 701 м. Она пройдена по кварц-серицитовым гидротермалитам с пиритной минерализацией. В интервале 500–510 м пересечен сплошной серный колчедан и выделены интервалы густой вкрапленности пирита на глубинах: 364–380; 388–406; 452–456; 558–564 и 582–598 м. В 1970 году в западной части участка по ореолам цинка (до 2 %), меди (до 1,5 %) и свинца (до 0,1 %) выделена геохимическая аномалия[2] размером 2 × 0,5 км, что позволяет прогнозировать здесь медно-колчеданный тип оруденения. В северной части аномалии на площади 0,02 км^2 вскрыт горизонт обломков бурых железняков мощностью до 3,3 м – с самородной медью, азуритом, лимонитовыми охрами, карбонатом и вторичными марганцевыми образованиями. Она имеет северо-восточное удлинение, субизометричную форму размером 500 × 750 м. В центральной части аномалии содержание меди в отдельных интервалах поисковых скважин

[1] *Васильева Е.И., Петличенко Ю.Н., Засыпкин А.И.* Отчет о результатах геолого-поисковых работ, проведенных отрядом по железу при Южной ГРП в 1963 г. в Покровско-Баяновском железорудном районе. 1964. (ФБУ «ТФГИ по УрФО», инв. № 028611).

[2] *Крылов Е.И., Ковалев Г.Е.* Отчет о геолого-геохимических и геофизических поисках меди, проведенных партией № 5 в Североуральском и Карпинском районах Свердловской области в 1973–1974 годах. 1975. (ФБУ «ТФГИ по УрФО», инв. № 034365).

и шурфов достигает 1,2–1,4 % с пиритной сыпучкой с аномальными содержаниями цинка, кадмия, мышьяка и висмута, характеризующих колчеданную природу оруденения.

Методом МПП установлено отсутствие сплошных колчеданов на площади Высотинской аномалии до глубины 90 м, однако в центре гравитационной аномалии с петлей 400 × 400 м зафиксирована отрицательная аномалия с задержкой до 4 мс (см. рис. 1, цветная вкладка). При детализации ее с петлей 200 × 200 м аномальный эффект не отмечается. Отсутствие корреляции геолого-геофизических данных изучаемого участка не позволяло однозначно определить участок для проверочного бурения на наличие колчеданных руд.

В связи с этой проблемой на Высотинской аномалии Белореченского участка сотрудниками Института геофизики УрО РАН по рекомендации геологов УГСЭ Уралнедра были проведены наблюдения методом дистанционного индукционного частотного зондирования с аппаратурой ИЧЗ-11 с измерением магнитного поля.

Методика и аппаратура проведения наблюдений и результаты работ

Аппаратура ИЧЗ-11 предназначена для использования в качестве измерительного средства электроразведки переменным током при решении задач изучения геоэлектрического строения горных пород и поисков рудных месторождений до глубин 200–500 м (Человечков и др., 2008).

В состав аппаратуры ИЧЗ-11 входят: возбудитель ЭМ поля – незаземлённая квадратная петля, блок генератора переменного тока с частотами от 4,88 до 2500 Гц и измерительный блок в виде цифрового избирательного микровольтметра с индукционным магнитоприемником стержневого типа. С аппаратурой выполняют измерения декартовых составляющих H_z и H_r или осей эллипса поляризации магнитного поля H_b и H_a (Светов, 1973).

Измерения выполнены в зимнее время с петлей размером 200 × 200 м по трем профилям (см. рис. 1, цветная вкладка) на рабочих частотах 78, 156 и 312 Гц. Топопривязка пикетов выполнялась при помощи GPS-приемника.

Выделение аномалий осуществлялось путем сравнения измеренных и теоретических (поле петли над однородном полупространством) кривых отношения осей эллипса поляризации магнитного поля ($\log H_b/H_a$) методом ДИЧЗ на трех частотах 78, 156 и 312 Гц. На профилях № 2 и № 3 существенных аномальных эффектов не выделено. На профиле № 1 (рис. 2б, цветная вкладка) сравнение измеренных (сплошные линии) и теоретических (пунктир) кривых позволили локализовать одну аномалию на пикетах 12–16 и вторую – в 600 метрах восточнее на пикетах 21–24.

Приповерхностная аномалия на пикетах 12–16 соответствует Высотинской геохимической аномалии от предположительно рудного объекта размерами 1500 × 500 м, прогнозные ресурсы меди Q которого по категории P_3 могут составить:

$$Q = L \times h \times r \times p \times C,$$

где Q – прогнозные ресурсы, тыс. т; L – принятая протяжённость рудного тела, м (1500); h – принятая мощность рудного тела (10), м; r – принятая протяжённость рудного тела по падению (500), м; p – объёмный вес вкрапленных руд (3,3); т/м^3; C – принятое содержание меди (среднее минимальное содержание для вкрапленных руд колчеданных месторождений Урала составляет 1 %).

Прогнозные ресурсы меди по категории P_3 Высотинской аномалии составят: 1500 м × 500 м × 10 м × 1 % × 3,3 т/м^3 = = 247 тыс. т меди (≈250 тыс. т) в интервале глубин 30–200 м. Аномальная зона на пикетах 12–16 была рекомендована к проверке бурением скв. 16А, которая вскрыла на глубине 90 м сплошную колчеданную руду (рис. 2в, цветная вкладка). Дальнейшее разбуривание изучаемого участка не проводилось.

Вторая «глубинная» аномалия на пикетах 21–24 совпадает с зоной (дайка долеритов) развития скарнов и метасоматитов с обильной вкрапленностью сульфидов и областью выхода на поверхность рудных подсечений вскрытых скв. № 635 (см.

рис. 2в, цветная вкладка). «Хвост» рудного объекта, пересеченного скв. № 635, расположен в краевой части локальной положительной гравиметрической аномалии и аномалии ДИЧЗ на пикетах 21–24. Расчеты гравитирующего объекта аномалии определили присутствие объекта – блока с избыточной плотностью 0,68 г/см^3 (3,4 г/см^3 при фоне 2,72 г/см^3) при глубинах верхней кромки (в профиле) 150–300 м при мощности 225–230 м. Учитывая продолжение оруденения на глубину по вертикали, постепенную выклинку оруденения по восстанию, падению и простиранию и неравномерное распределение медьсодержащих руд в объеме рудного комплекса, принимаем коэффициент содержания 2 %. Ресурсы меди Белореченского проявления медных руд (рудопроявление скв. № 635) могут составить по категории P_3:
1000 м × 1000 м × 800 м × 1 % × 3,4 г/см^3 × × 0,02 = 544 тыс. т в интервале глубин 50–800 м.

Суммарные ресурсы Белореченского участка по двум объектам (Высотинская геохимическая аномалия и рудопроявление скв. № 635) по категории P_3 составляют[3]:
250 + 544 ≈ 800 тыс. т.

Таким образом, аномальные зоны, выделенные по результатам ДИЧЗ, подтвердили их перспективность на обнаружение колчеданного оруденения. В пределах Белореченского прогнозируемого поля УРАЛНЕДРА рекомендовало проведение поисковых работ первой очереди в 2007 г.

Результаты выполненных электроразведочных работ в пределах Белореченского прогнозируемого поля методом дистанционного индукционного частотного зондирования с измерением эллипса поляризации магнитного поля показали высокую эффективность применения аппаратуры ИЧЗ-11 при выделении проводящих объектов перспективных на обнаружение колчеданного оруденения и могут быть рекомендованы для включения в комплекс поисковых геолого-геофизических работ.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН (Проект № 15-11-5-13).

Литература

Светов Б.С. Теория, методика интерпретация материалов низкочастотной индуктивной электроразведки. М.: Недра, 1973. 254 с.

Человечков А.И., Чистосердов Б.М., Байдиков С.В. Использование индукционной двухпетлевой установки при частотном зондировании аномальных объектов // Геология и геофизика. 2008. Т. 49. № 8. С. 830–836.

[3]*Петров Г.А., Ильясова Г.А., Останин С.Ю. и др.* Отчет «ГДП-200 в пределах Северо-Уральской площади (лист P-40-XXXVI)» за 2003–2006 гг. 2006 (ФБУ «ТФГИ по УрФО», инв. № 44959).

К статье Астафьев П.Ф., Коноплин А.Д., Сарвартинов А.И. – «Применение индуктивной электроразведки при поисках месторождений медных руд»

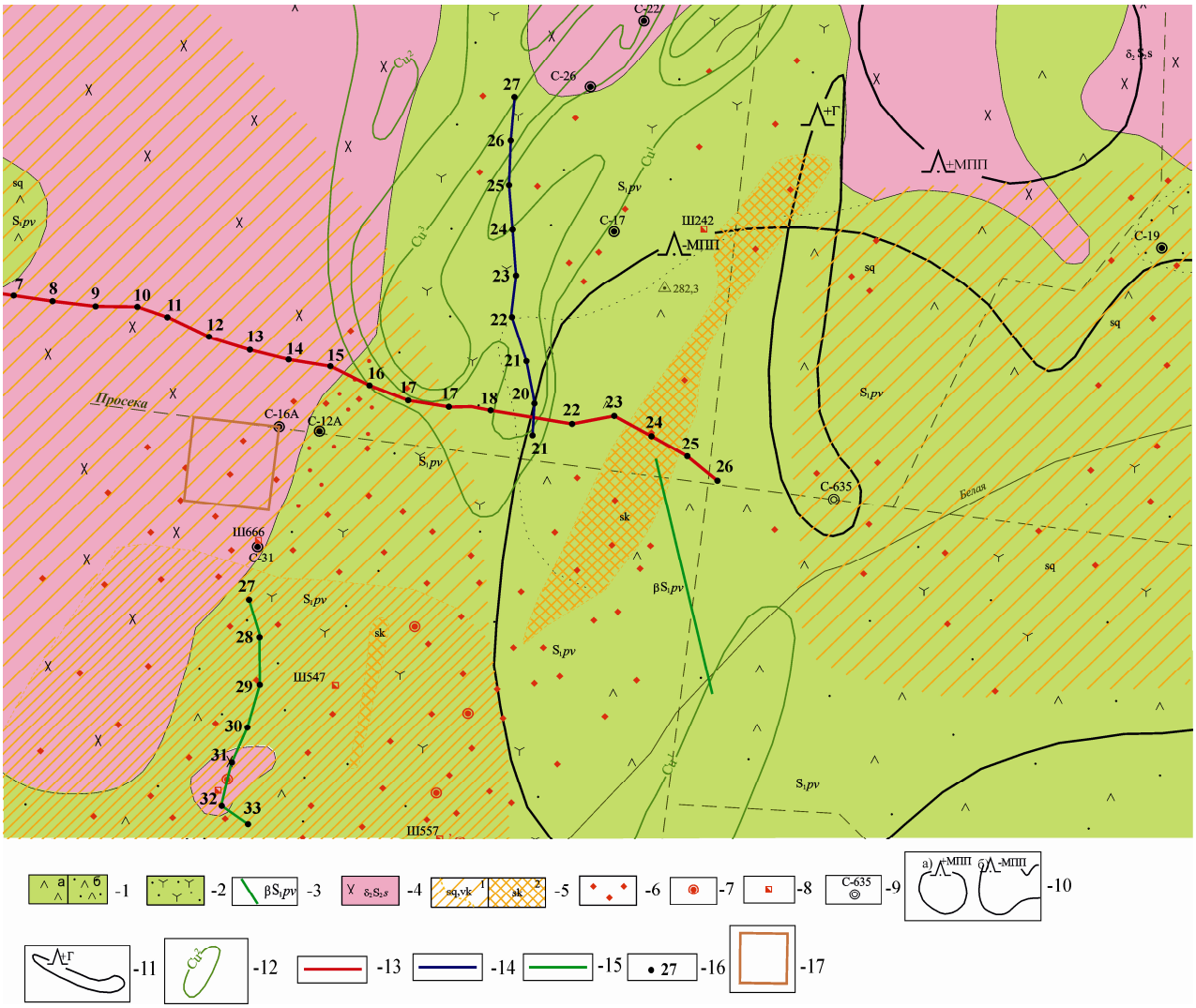

Рис. 1. Фрагмент геологической карты Белореченского прогнозного рудного поля по результатам комплексных геологических, геофизических, геохимических и морфометрических исследований (по материалам УГСЭ, 2005 г.):

Рудовмещающая базальт-андезит-дацитовая формация S_1pv*:* 1 – дациты (а), туфы дацитов (б); 2 – туфы смешанного состава; 3 – дайки долеритов.

Интрузивные комплексы: 4 – диориты.

Метасоматически измененные породы: 5 – серицит-кварцевые метасоматиты (1), скарны (2); 6 – пиритизация.

Дополнительные обозначения: 7 – скважины поискового бурения; 8 – шурфы; 9 – скв. 635[1], глубиной 701 м, пройденная по метасоматически измененным вулканитам с прожилково-вкрапленной пиритовой минерализацией; 10 – аномалии МПП а) положительные, б) отрицательные; 11 – локальная аномалия Δg 1,5 мГал; 12 – литохимическая аномалия меди в корах выветривания и коренных породах (Cu^2 – от 6 до 10 фонов); 13 – профиль № 1 ДИЧЗ; 14 – профиль № 2 ДИЧЗ; 15 – профиль № 3 ДИЧЗ; 16 – пикеты ДИЧЗ; 17 – генераторная петля ДИЧЗ

[1]*Васильева Е.И., Петличенко Ю.Н., Засыпкин А.И.* Отчет о результатах геолого-поисковых работ, проведенных отрядом по железу при Южной ГРП в 1963 г. в Покровско-Баяновском железорудном районе. 1964 (ФБУ «ТФГИ по УрФО», инв. № 028611).

К статье Астафьев П.Ф., Коноплин А.Д., Сарвартинов А.И. – «Применение индуктивной электроразведки при поисках месторождений медных руд»

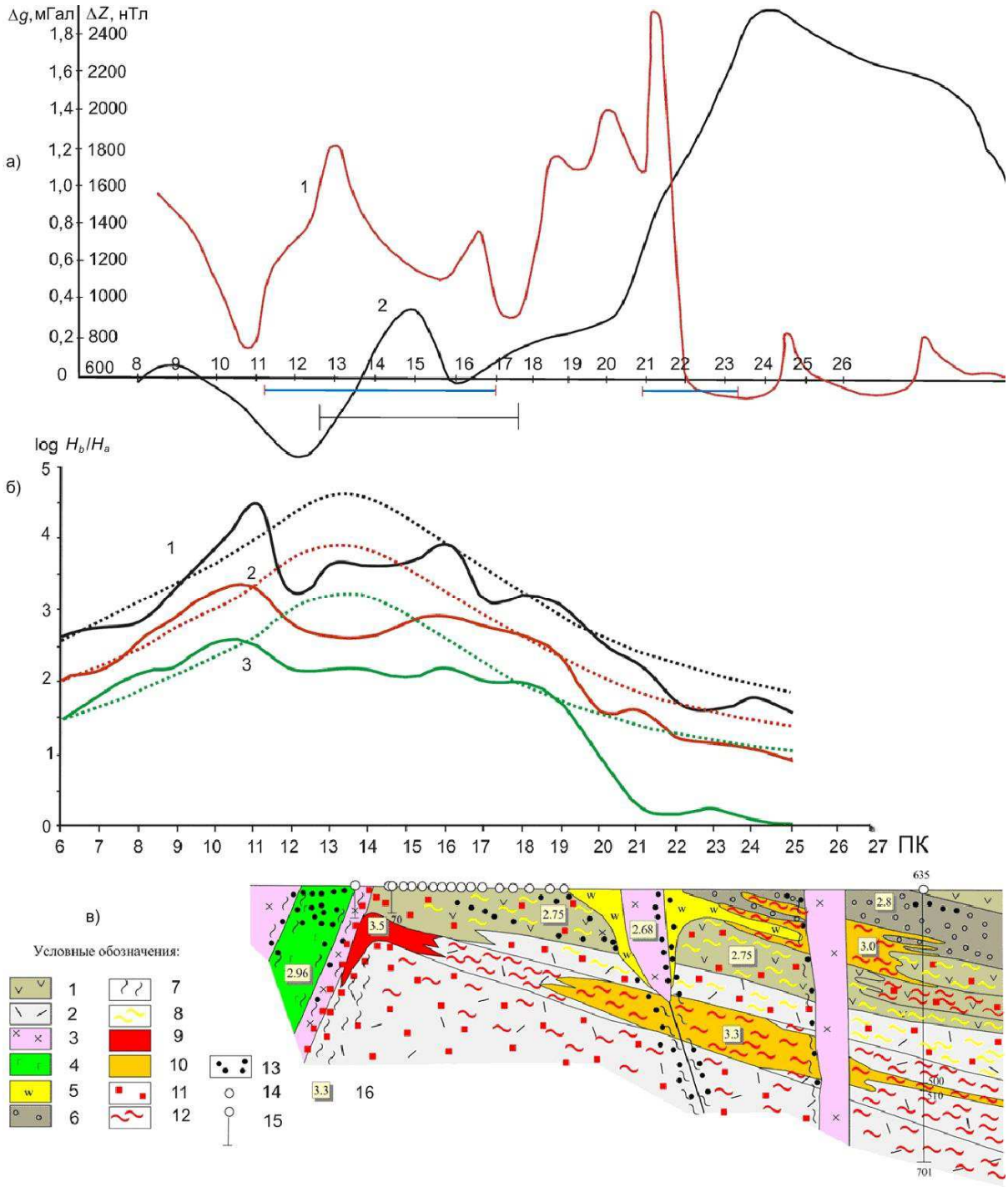

Рис. 2. Результаты геофизических работ по профилю № 1 на Высотинской аномалии Белореченского прогнозируемого рудного поля:
а) 1 – Δ*Z* (нТл); 2 – Δ*g* (мГал); синий отрезок – аномалия ДИЧЗ; черный отрезок – область геохимической аномалии; б) измеренные (сплошная) и теоретические (пунктир) кривые по профилю № 1 отношения осей эллипса поляризации магнитного поля log H_b/H_a методом ДИЧЗ на частотах: 1 – 78 Гц; 2 – 156 Гц; 3 – 312 Гц; в) схематический геологический разрез: 1 – андезиты; 2 – риолиты; 3 – диориты; 4 – габбро; 5 – кварциты; 6 – скарны; 7 – зоны рассланцевания; 8 – серитизация; 9 – предполагаемое сульфидное оруденение; 10 – вкрапленная сульфидная руда; 11 – вкрапленность сульфидов рассеянная; 12 – сульфидные прожилки; 13 – вкрапленность магнетита; 14 – пробуренные картировочные скважины малой глубины; 15 – пробуренные поисковые скважины и их глубина (м); 16 – принятая плотность пород