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

УДК 550.837

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ МЕТОДОМ ДИП ПРИ КРУПНОМАСШТАБНОМ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

С.К.ЗАБУРДИН, В.Х.ЗАХАРОВ

В течение ряда лет ЛГИ в содружестве с Южно-Казахстанской ТОМПП проводит крупномасштабные исследования методом дипольного индуктивного профилирования (ДИП) на полиметаллических месторождениях Центрального Казахстана. Использование метода ДИП, обладающего высокой производительностью и геологической эффективностью, для локализации и характеристики рудных тел на уступах карьеров является одним из реальных путей повышения эффективности добычных работ за счет снижения потерь и разубоживания руд, а также стоимости геолого-разведочных работ за счет сокращения объемов бурения скважин.

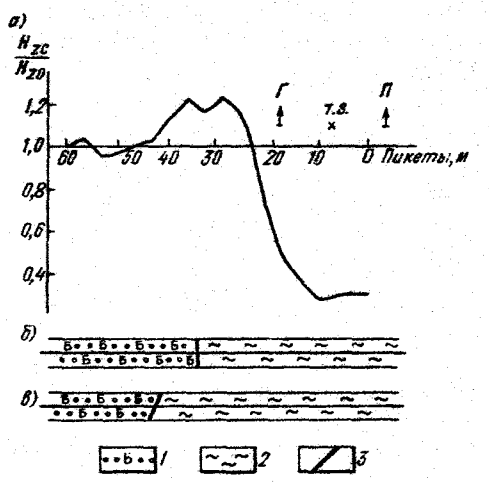


Рис.1. Пример определения контакта барит-свинцово-цинковых руд и вмещающих глинисто-карбонатных отложений по данным электроразведки: а – аномалии H_{ZC} / H_{ZO}; б – уточненное положение контакта по данным ДИП; в – положение контакта по данным промразведки
1 – барит-свинцово-цинковые руды; 2 – глинисто-карбонатные породы; 3 – контакт руд и пород

На полиметаллических месторождениях Казахстана, в частности на баритополиметаллическом месторождении, ведущим информационным параметром является удельное электрическое сопротивление ρ. Наиболее высоким обладают собственно баритовые руды (до $n \cdot 1000$ Ом·м), смешанные барит-свинцово-цинковые руды имеют ρ = 100–200 Ом·м, свинцово-цинковые $\rho \approx$ 15–20 Ом·м. Вмещающие песчано-глинистые карбонатные породы сильно милонитизированы, графитизированы и углефицированы, что значительно снижает контрастность различия их от свинцово-цинковых руд. Таким образом, геоэлектрические условия месторождения можно отнести к неблагоприятным с точки зрения применимости методов электроразведки. Для более четкого выявления и характе-

ристики различных по составу руд в этих условиях измерения методом ДИП проводились в интервале частот, соответствующих максимальному градиенту поля $\partial H / \partial \rho$. По результатам ДИП выделяются рудные тела, определяется их форма и условия залегания, оценивается состав руд, картируются разрывные нарушения.

Примером, иллюстрирующим эффективность ДИП при оконтуривании руд, служат результаты измерений, выполненных над контактом глинисто-карбонатных пород и барит-свинцовых руд (рис.I). Вмещающие глинисто-карбонатные породы, обладая повышенным ρ, характеризуются повышенными значениями H_{zc} / H_{z0}, а руды, имея повышенную электропроводность, картируются по пониженным значениям H_{zc} / H_{z0}. Значение H_{zc} / H_{z0} в районе пикета 25 м равно I, а контакт барит-свинцово-цинковых руд и вмещающих пород с учетом размеров установки – на пикете 45 м.

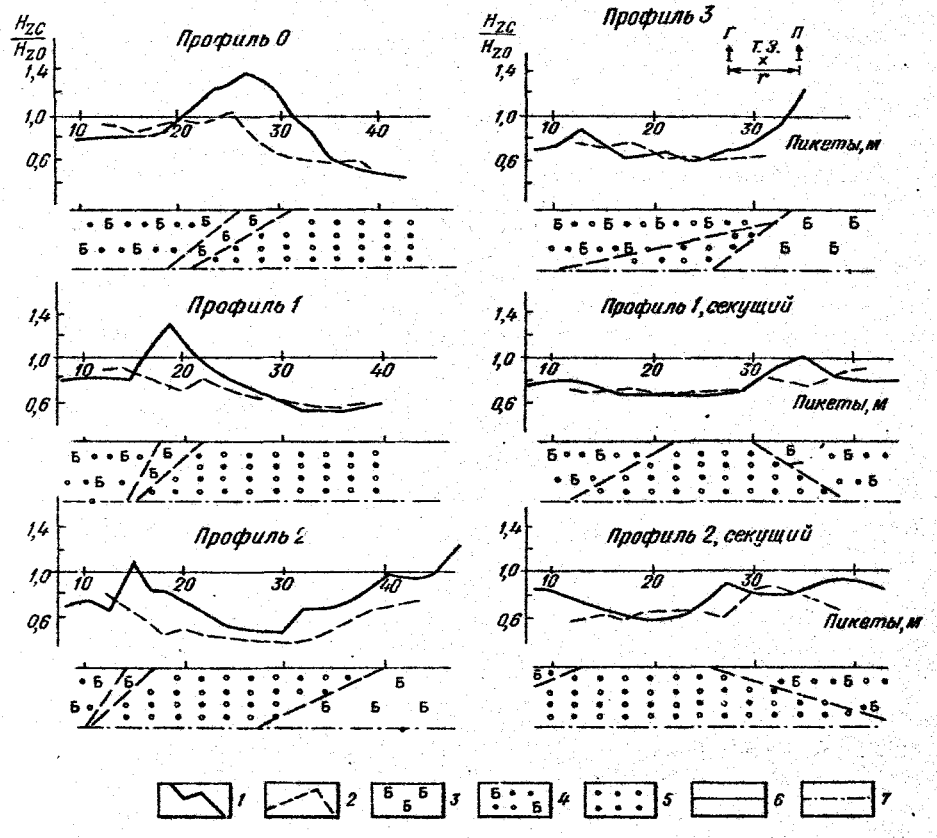


Рис.2. Пример выявления границ распространения руд различного минералогического состава по данным ДИП (результаты детальной съемки на горизонте 297 м барит-полиметаллического месторождения)

1 и 2 – графики H_{zc} / H_{z0} при r, равном 15 и 30 м, соответственно; 3 – баритовые руды; 4 – барит свинцово-цинковые руды; 5 – свинцово-цинковые руды; 6 и 7 – горизонты 297 и 291 м

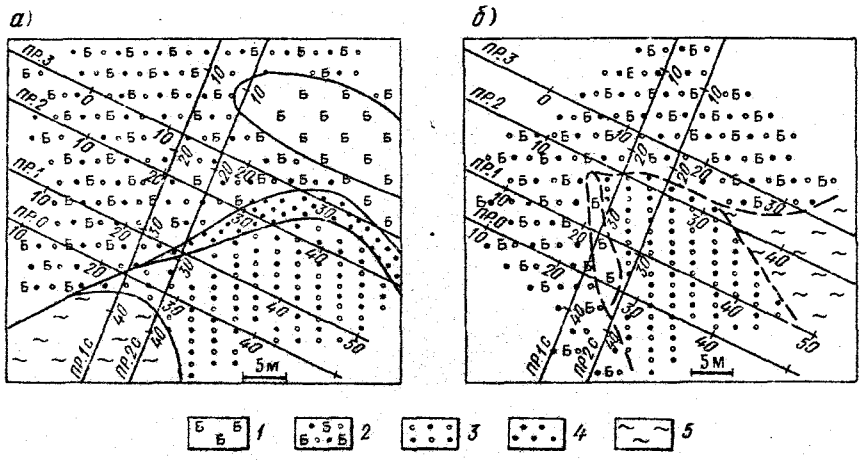


Рис.3. Схематические геологические карты, составленные по данным только промразведки (а) и с учетом результатов работ методом ДИП (б)
1 – баритовые руды; 2 – барит-свинцово-цинковые руды; 3 – свинцово-цинковые руды; 4 – свинцовые руды; 5 – вмещающие глинисто-карбонатные породы

Высокая разрешающая способность ДИП позволяет выявлять в аномальных полях руды различного состава. Пример оконтуривания рудных тел, имеющих различный минеральный состав на площадке уступа (горизонт 321 м), приведен на рис.2 и 3. Различные по составу руды отчетливо картируются по аномалиям $H_{\kappa c}$ /$H_{\kappa o}$ метода ДИП. Наиболее высокие значения $H_{\kappa c}$ / $H_{\kappa o}$ наблюдаются над баритовыми рудами, наиболее низкие характеризуют область развития свинцово-цинковых руд. Вычисленные по аномалиям ДИП значения ρ позволяют, на основании данных об электрических свойствах, судить о составе руд. Характер аномалий свидетельствует, что все геологические неоднородности отчетливо разделяются друг от друга. Уточненные контуры различных по составу руд впоследствии были сопоставлены с данными химического анализа, при этом подтвердилась достаточно хорошая сходимость данных анализов и результатов ДИП. Наблюдения, выполненные в карьере № 2 (горизонт 321 м), входили в экспериментальный блок, и относились к производственным испытаниям методики ДИП на этапе внедрения в практику геофизической съемки на уступах карьеров Жайремского месторождения. Результаты положены в основу расчета экономического эффекта по приросту запасов руд и на основе оценки их минералогического состава по данным ДИП. Экономический эффект составил 15,7 тыс.руб.

В статье отражены также результаты опытно-методических исследований в условиях группы медно-скарновых месторождений, отрабатываемых открытым способом (карьерами).

Месторождения в северной части приурочены к контакту гранодиоритовой интрузии средневарийского комплекса с толщей известняков и мраморов нижнего карбона, в южной части известняки и мраморы уступают место туфоалевролитам и ороговикованным песчаникам[x]. Оруденение, в основном, связано с

[x] Халин Ю.З. Опыт применения геофизической съемки в условиях карьеров Саякского рудника. – Экспресс-информация / Каз.НИИНТИ. Серия 04, вып.79 (609). Алма-Ата, 1978.

гранатовыми, магнетит-гранатовыми и пироксен-гранатовыми скарнами. В минералогическом отношении рудные тела представлены борнит-халькопирит-магнетитовыми рудами.

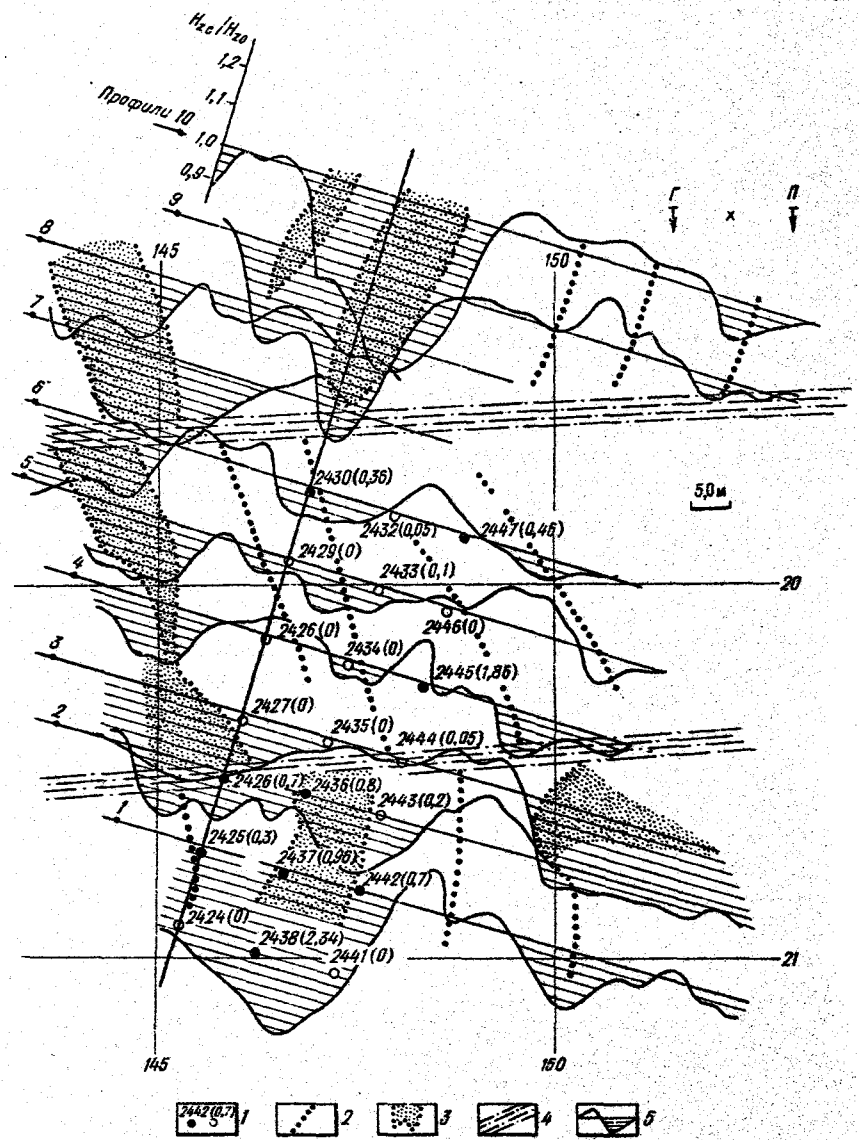


Рис.4. Результаты работ методом ДИП в карьере Саок-3 (r = 15 м; f = 128 кГц)
1 - скважина, указан номер и содержание меди в процентах по данным заверочного химического анализа проб шлама (затушеваны скважины с промышленным содержанием); 2 - оси электропроводности; 3 - контуры рудных тел по аномалиям ДИП; 4 - разрывные нарушения; 5 - график $H_{жс}/H_{кс}$

Результаты работ свидетельствуют о высокой информативности и достоверности метода ДИП при выявлении, оконтуривании и увязке рудных тел на уступах действующих карьеров и на флангах разрабатываемых месторождений (рис.4). Характер аномалий H_{zc}/H_{z0} четко свидетельствует о положении хорошо проводящих тел сульфидов меди. По аномалиям ДИП можно выделять рудные тела, определять их форму, картировать разрывные нарушения. Зоны проводимости, установленные по данным ДИП, практически определяют положением рудных залежей с содержанием меди $\geqslant 0{,}5$ %.

Возможности применения ДИП для оценки содержания проводящих сульфидов меди иллюстрирует рис.5. Анализ графиков свидетельствует о вполне вероятной связи (для условий рассматриваемого месторождения) интенсивности аномалий H_{zc}/H_{z0} с содержанием меди. Чтобы установить корреляционную связь интенсивности аномалий очевидно необходимо гораздо большее количество данных. Тем не менее, результаты работ за 1981–1983 гг. свидетельствуют о прямой корреляции.

Важной задачей, стоящей перед методом ДИП на медно-магнетитовом месторождении, является разделение руд существенно сульфидного и существенно магнетитового состава. Поэтому методика ДИП выбирается такой, чтобы при прочих равных условиях зависимость измеряемого поля определялась лишь магнитной проницаемостью μ. Это оперативно достигается выбором размера установки и частоты, и надежно фиксируется по значению фазы (отсутствие фазовой аномалии)[x].

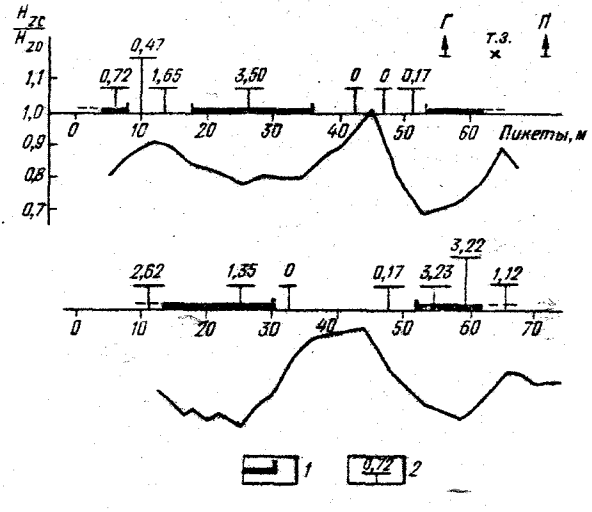


Рис.5. Результаты определения границ распространения рудных тел по аномалиям ДИП (f = 128 кГц, τ = = 15 м)

1 – границы медных рудных тел по геофизическим данным;
2 – содержание меди по данным химического анализа проб шлама заверочных скважин, %

Характер полученных в результате детальных работ методом ДИП с амплитудно-фазовыми измерениями, проведенных на горизонте 545 м карьера Саяк-I, аномалий позволяет заключить, что они обусловлены влиянием магнитной проницаемости μ возмущающего объекта, а не электропроводности (рис.5). Аномалии H_{zc}/H_{z0} положительного знака достигают в максимумах до 150 %, а фазовые аномалии отсутствуют, что типично для магнетитов.

[x] Захаров В.Х. Электроразведка методом дипольного индуктивного профилирования. Л., Недра, 1975. 223 с.

Для определения контуров отработки промышленных рудных тел в пределах Саякского рудного поля используются результаты разведки колонковыми скважинами по сети 25 х 25 м. Однако ввиду сложной морфологии рудных тел и крайне изменчивого содержания меди в рудах наблюдаются ярко выраженные несоответствия между данными разведки и эксплуатации. Проведение отработки по данным бурения по указанной сети приводит к повышенному разубоживанию руд. В связи со сложной морфологией рудных тел плановые потери и разубоживание руд составляют, соответственно 6 и 40 % (см. упомянутую работу Ю.З.Халина).

Поисково-разведочные работы на флангах действующих карьеров рассматриваемого месторождения проведены в 1981–1983 гг. на участках Молдыбай, Саяк-2 восточный и Саяк-2 центральный. Основной задачей ДИП являлось установление пространственного положения рудных тел с целью последующей рациональной ориентировки разведочного бурения.

На участке Молдыбай рудная зона залегает в полосе развития скарнов и приурочена к зоне эндоконтакта интрузии гранодиоритов с известняками. Рудные тела были оконтурены в результате поисково-разведочного бурения по сети 50 х 25 м. Геофизические исследования методом дипольного индуктивного профилирования (ДИП) с амплитудно-фазовыми измерениями (АФИ) носили опытно-методический характер. В результате проведенного ДИП с АФИ по участку Молдыбай были оконтурены рудные тела (рис.7), плановое положение которых m несколько не совпадает с данными бороздового опробования разведочных канав m'. Это несовпадение объясняется наличием зоны окисленных руд, распространенных на глубину около 20 м. Зона окисленных руд, обладая повышенным ρ, не отражается в аномалиях ДИП. Таким образом, используя возможности ДИП в оценке глубины залегания проводящих тел, удается оценить и глубину развития окисленных руд, что имеет большое значение при оценке сортности и качества руд, подготавливаемых к разработке. Учитывая пологое падение рудной залежи (около 25°), плано-

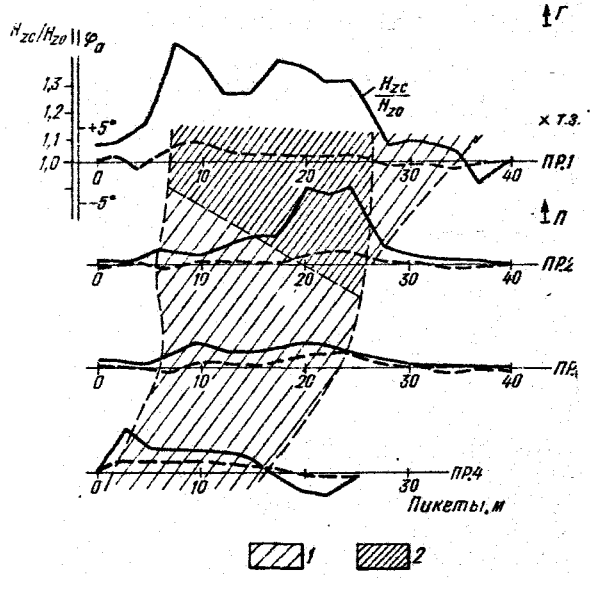


Рис.6. Аномалии ДИП над магнетитовыми скарнами (параллельная установка ZZ, r = 20 мм, f = = 2 кГц
1 – область развития магнетитовых скарнов; 2 – магнетитовые руды

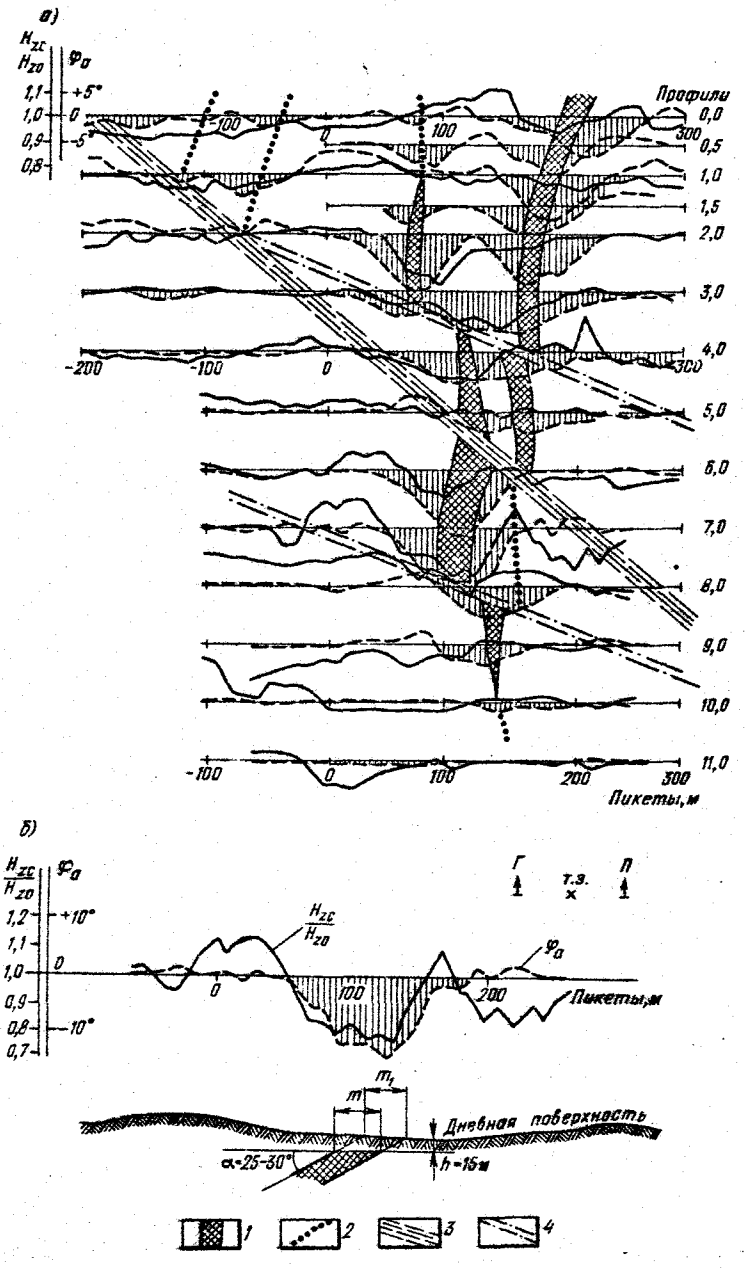


Рис.7. Графики амплитудных H_{zc}/H_{z0} (сплошные кривые) и фазовых φ_a аномалий ДИП (пунктирные кривые) с результатами интерпретации (а) и схематический разрез (б) по профилю 7 (r = 80 м; f = 2 кГц)

1 – зоны электропроводности (медные сульфидные руды); 2 – оси проводности по данным ДИП; 3 – положение Молдыбайского разлома; 4 – тектонические нарушения

вые смещения положения контуров проводящих неокисленных руд и окисленных достигают десятки метров.

Для оценки экономической эффективности рассчитан эффект, который можно было бы получить при использовании ДИП, если наблюдения проводились на опережающем горно-буровые работы этапе разведки участка Молдыбай. Расчет составлен на основании сопоставления затрат разведочного бурения и сокращения их за счет геофизических методов. Экономический эффект составил 35,5 тыс.руб.

Результаты поисково-разведочных работ методом ДИП в период 1983 г. носили производственный характер. Материалы по участкам, перечисленным ранее, переданы в виде рекомендаций ГРУ Саякского рудника и использовались при планировании горно-буровых работ.

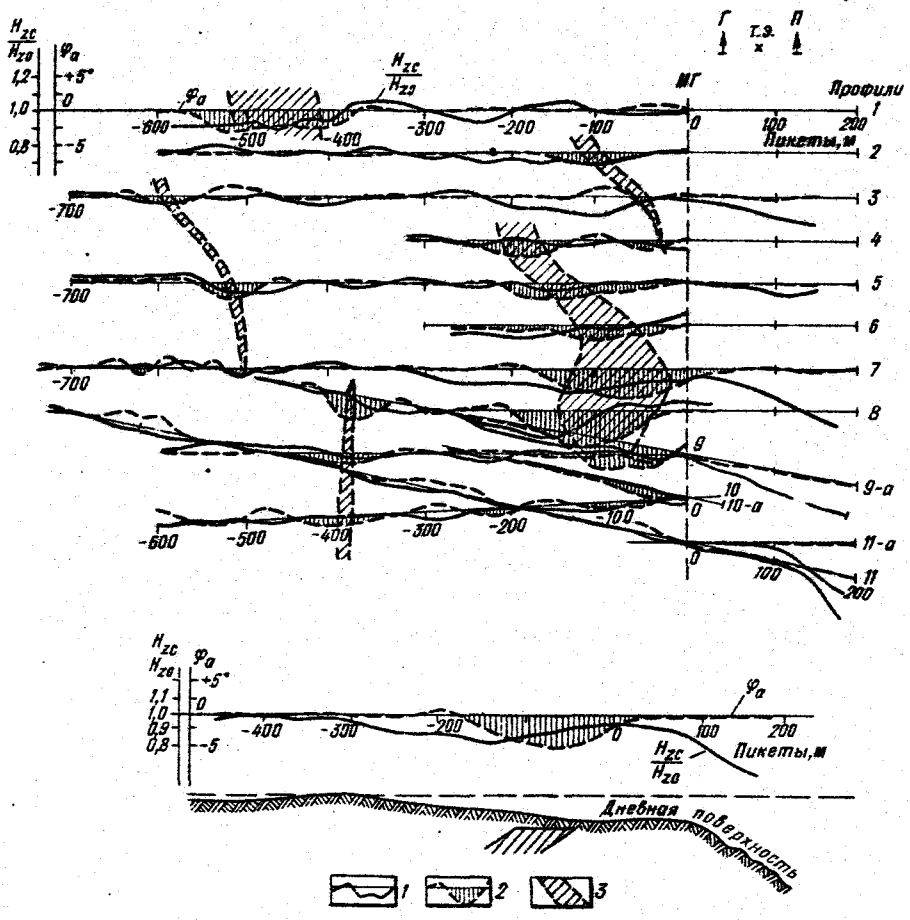


Рис.8. Результаты поисковых работ методом ДИП (r = 80 м, f = 2 кГц) на свинцово-цинковом месторождении (а) и схематический разрез по профилю 7 (б)
1 и 2 – графики H_{zc}/H_{z0} и φ_a ; 3 – зоны электропроводности

Следующий пример взят из результатов исследований методом ДИП, выполненного на участке Процентовый в 1983 г. на флангах свинцово-цинкового месторождения полиметаллических руд (хребет Кара-Тау). Участок сложен известняками и имеет сложный рельеф, где углы склона достигают 40-45°. Дипольное индуктивное профилирование было выполнено по ряду профилей (рис.8). Характер амплитудно-фазовой аномалии ДИП соответствует крутопадающей зоне хорошей проводимости. О наклоне зоны свидетельствует аномальные значения краевых максимумов по обе стороны зоны. По расчетам глубина залегания около 35-45 м. Некоторое смещение положения зоны, выявляемой по аномалии H_{zc}/H_{zo} и φ_a свидетельствует о сложном строении зоны, представляющую серию проводящих пластов[x]. Величина проводимости, вычисленная по аномалиям ДИП, γ = 5-10 См/м, при сопоставлении с данными об электрических свойствах, дает возможность предположить рудную природу аномалии. На основании данных ДИП проведено заверочное бурение. Двумя скважинами, пробуренными в аномалиях ДИП на глубине 40 м, вскрыты глинистые образования, наличие которых дает возможность судить о большой перспективности выявленной зоны, так как возможно, что глинистый материал представляет так называемую „шляпу" - зону окисления рудного тела.

Таким образом, крупномасштабные опытно-поисковые исследования, выполненные на флангах месторождений Саяк и Байжансай, свидетельствуют о целесообразности включения метода ДИП с АФИ в общий комплекс геологоразведочных работ, проводимых на флангах действующих рудников для обеспечения прироста запасов. Зоны повышенной электропроводности (потенциально рудоносные) выделяются методом ДИП с АФИ достаточно уверенно, даже в условиях сложного рельефа.

---

[x] Захаров В.Х. Электроразведка методом дипольного индуктивного профилирования. М., Недра, 1975. 223 с.