УДК 550.553(470.5.837)

ЛЕВОБЕРЕЖНОЕ МЕДНОКОЛЧЕДАННОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ (ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

Бушарина С.В., Виногадов А.М., Угрюмов И.А., Фомин Т.Л. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Открытие новых колчеданных месторождений на Урале – редкое событие в последние 20-30 лет. На примере геолого-геофизической изученности Теренсайской рудоносной зоны и истории выявления Левобережного медноколчеданного месторождения обсуждаются главные причины негативных тенденций и определяются направления исследований и работ для повышения эффективности поисков.

Колчеданы, месторождения, поиски, геофизика, эффективность, методика, технология.

LEVOBEREZHNOE CUPROPYRITE DEPOSITS (HISTORY AND GEOPHISICAL ASPECT)

Busharina S.V., Vinogadov A.M., Ugrjumov I.A., Fomin T.L. – Institute of Geophysics UB of RAS, Ykaterinburg

Abstract. Opening new cupro-pyrite deposits in Ural Mountains are rare event last 20-30 years. For example: Terensais ore zones and the history of revealing of Lvoberezhnogo cupro-pyrite deposits are discussed the main reasons of negative tendencies and directions of researches and works for increase of efficiency of searches are defined.

Cupropyrite, deposits, defined, geophysics, efficiency, methodology, technology.

Введение

История открытия Левобережного медноколчеданного месторождения расположенного в пределах Домбаровского рудного района (Оренбургская область) подчеркивает достаточно типовую ситуацию длительного, сложного и трудоемкого процесса открытия и разведки любого из известных месторождений, доведенного до промышленного освоения. Цель статьи – на основании заключительных геофизических работ выполненных Институтом геофизики УрО РАН в 2001-2003 гг., определивших перевод известного рудопроявления в разряд месторождений, обратить внимание на необходимость перехода на новые технологические подходы при прогнозировании и поисках.

История изученности, физические поля и строение Домбаровского рудного района

Левобережное месторождение расположено в пределах Домбаровского рудного узла Теренсайской рудоносной зоны, это было установлено на основании результатов региональных геофизических съемок и данных сейсморазведки, принципиально изменивших представления о строении территории. Антиклинорная структура с выходом в ядре предполагаемых докембрийских метаморфических комплексов была переведена в синклинорную (Виноградов, 1966; 2004; Меньшиков, Никишева, Щебухова, 1978) – вулканотектонический трог, образованный над квазиспрединговой зоной клиновидной формы, заполненной базитами (рис. 1). Структура, выделенной рудной зоны была прослежена по геофизическим данным далеко на север и включила, как показала 40-летняя история изучения района, все рудные поля выявленных месторождений Домбаровского района (Виноградов, 1968; Виноградов, Прозоров, Виноградова, 1970).

В центре Домбаровского рудного узла, расположен Джаилганский рудно-вулканический центр (рис. 2). В его пределах выявлено рудное поле Осеннего медно-цинко-колчеданного месторождения (Виноградов, Прозоров, Виноградова, 1970).

Прогноз структуры рудного поля Осеннего месторождения и выявление рудных тел в его пределах закреплен в приоритетном отношении за геофизическими

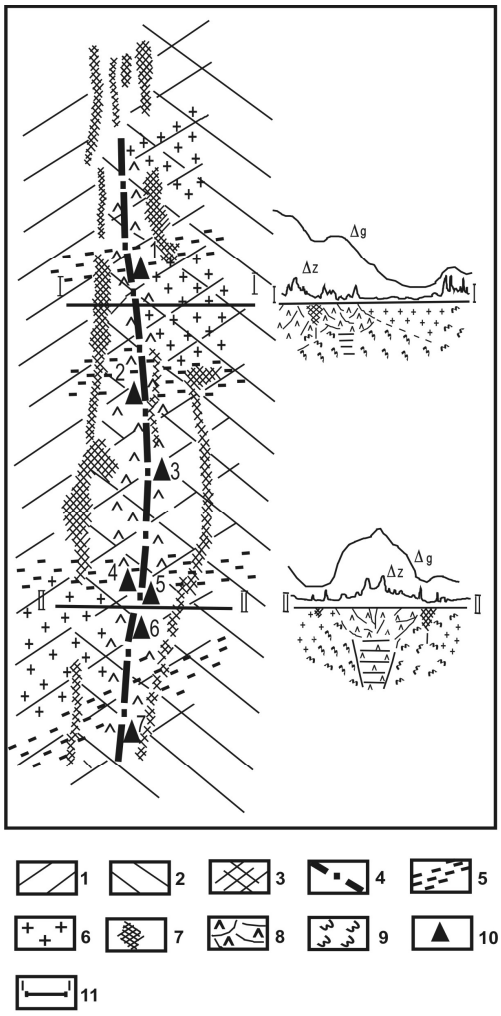

Рис. 1. Структурно-тектонического положение и элементы строения Теренсайской рудоносной зоны:
1 – Магнитогорская мегазона; 2 – Восточно-Уральская мегазона; 3 – сопряжение мегазон; 4 – осевая часть Теренсайского глубинного разлома; 5 – секущие тектонические дислокации; 6 – позднепалеозойские гранитоиды (s=2,60±0,05 г/см^3); 7 – грабеновые системы, выполненные осадочными отложениями карбона (s=2,65±0,05 г/см^3), вдоль региональных разломов; 8 – базитовые вулканоплутонические комплексы (s=2,82±0,10 г/см^3) раннего-среднего палеозоя и квазиспредингновый клин, выполненный базитами; 9 – докембрийские метаморфические комплексы (s=2,67±0,10 г/см^3); 10 – колчеданные месторождения (1 – Джусинское, 2 – Барсучий лог, 3 – Зимнее, 4 – Летнее, 5 – Осеннее, 6 – Левобережное, 7 – Весеннее); 11 – положение схематических разрезов с кривыми аномалий силы тяжести (Δg) и магнитного поля (ΔZ)

работами с присвоением специалистам-геофизикам знаков «Первооткрыватель месторождения» (Первооткрыватели…, 2002).

К западу от Осеннего месторождения вдоль борта Джаилганского рудно-вулканического центра, очерченного своеобразной мозаикой магнитных полей были выделены участки особо перспективные на поиски месторождений. В результате проверки одного из них было выявлено Летнее медноколчеданное месторождение.

Открытие этого месторождения произошло на площади, которая перекрывалась геологическими съемками м-ба 1:50000 до и после открытия Осеннего месторождения (Потапенко, 1996). Однако предопределили его открытие начатые комплексные геофизические съемки на участке (МПП, ВПСГ, гравиметрия, магнитометрия, литохимия м-ба 1:10000). Так уже в процессе опережающих геологических маршрутов с отбором проб для литохимических анализов были обнаружены обнажения бурых железняков шляпного типа (1-ая залежь будущего месторождения). В их районе по данным МПП и ВПСГ были выявлены аномалии, отвечающие эродированному и слепым рудным телам месторождения.

После открытия Осеннего и Летнего месторождений площадь Домбаровского рудного района была изучена ГГК (глубинное геологическое картирование) м-ба 1:50000 (Виноградов, 1998; Потапенко, 1996). Геофизическое обеспечение работ по ГГК заключалось в неоднократном перекрытии территории съемками МПП с петлями 600х600 (рис. 2Б), 400х400, 200х200 м, проведении работ ВПСГ, гравиметрии, магнитометрии, поверхностной и глубинной литохимической съемок м-бов 1:10000-1:25000.

Аналогичные работы были развернуты в области выхода на эрозионный срез благоприятных на поиски колчеданного оруденения вулканических комплексов вдоль Теренсайской рудоносной зоны (рис. 1) от

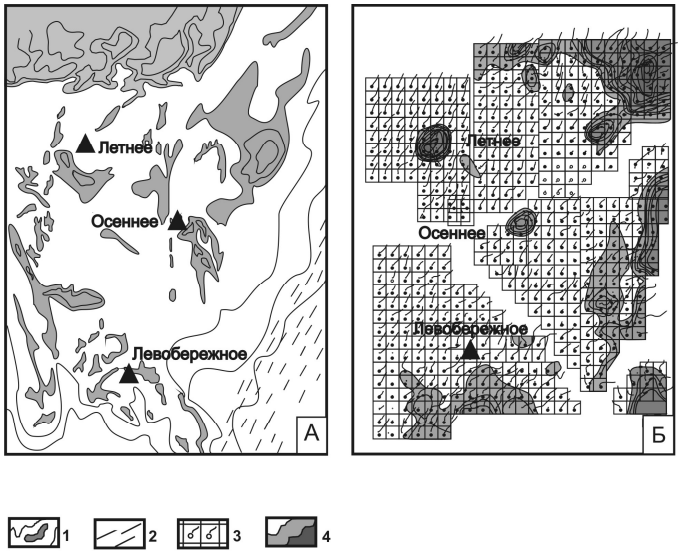

Рис. 2. Схема магнитных полей (А) и результатов исследований методом переходных (МПП) процессов (Б) в районе Джаильганского рудно-вулканического центра:
1 – распределение изодинам магнитного поля с участками повышенных значений; 2 – область особо повышенных градиентов силы тяжести; 3 – положение приемно-генераторных петель и характеристик кривых сопротивлений по времени в МПП с размерами петель 600х600 м; 4 – изолинии значений спада поля неустановившегося сигнала в МПП (время 6 мс) с раскраской по нарастающей интенсивности значений

Казахстана до Челябинской области, включая Александринский рудный район. В результате выявлены ряд мелких колчеданных месторождений (Александринское, Сабановское, Амурское, Зимнее, Барсучий Лог) и большое количество рудопроявлений и точек обогащенной минерализации.

В этот период буровые работы, осуществляемые с использованием алмазных коронок и современных технологий, приобрели высокую производительность. Они обеспечивали выполнение планово высоких объемов работ, что привело к проверке не только сравнительно редких геофизических и геохимических аномалий, но и гипотетических геологических построений в межаномальном пространстве. Бурение перекрытых разрезов, вошедшее в практику ГГК и глубинных поисков, несомненно, создавало предпосылки для выявления рудовмещающих структур и поисков крупных месторождений.

Впечатляющие результаты такого процесса были на западе территории (открыты глубокие горизонты Гайского месторождения, 2, 4, 6 залежи Юбилейного месторождения, Подольское, Северо-Подольское, Восточно-Подольское месторождения и др.). Однако вдоль Теренсайской рудоносной зоны, более сложной и разнообразной по строению, этого не произошло. Заметим, что подобная ситуация сложилась и для Урал-Тауской (ГУГР) зоны с многочисленными медно-никель-кобальтовыми колчеданными рудопроявлениями и четырьмя мелкими месторождениями.

Для обоснования поисков крупных месторождений вдоль откровенно перспективных Теренсайской и Урал-Тауской зон, окаймляющих Магнитогорский прогиб, в свое время привлекались все основные научные организации СССР. Научные обоснования, требующие высокой детальности и полноты в изучении разреза, стимулировали буровые работы. Однако был нарушен главный принцип эффективности бурения при поисках – оперативное определение положения каждой последующей скважины по результатам работ на предыдущей. Сложилась регламентированная этапность геологоразведочного процесса поисков, обеспечивающая высокие показатели буровых работ. Таким образом, основная цель – выявление месторождения, терялась и передвигалась, как бы, на следующий этап.

Эйфория обеспеченности прогнозными и разведанными запасами медно-колчеданных руд на Урале кончилась в начале этого столетия (Попов, Сафонов, 2003). В новых условиях решать проблему начали по известной программной схеме ВМСБ (восполнение минерально-сырьевой базы) за счет средств и силами заинтересованных уже частных предприятий (ОАО «ГОКов»). Через эту схему прошла история дальнейших поисков месторождений в Домбаровском районе (Кузнецов, 2006).

Методика и результаты геофизических работ при выявлении Левобережного медноколчеданного месторождения

Институт геофизики УрО РАН по договору с ОАО «Гайский ГОК» в 2000 г. приступил к тематическим и опытно-производственным работам по переоценке перспектив на колчеданное оруденение Акжарско-Домбаровской площади Оренбургской области.

За основу была принята ревизия комплексных геофизических и геохимических аномалий известных рудопроявлений с использованием разработанной ранее технологической схемы (рис. 3А) (Виноградов, 2004).

В результате на этой достаточно хорошо изученной и детально опоискованной ранее площади были выделены десятки локальных участков, заслуживающих дальнейших и прежде всего геофизических исследований. Была применена схема экспрессной оценки этих участков (рис. 3Б) с использованием современного аппаратурно-методического комплекса электроразведки (Великин, Булгаков, Шерешевский, 1996). Планомерное изучение участков было начато с наиболее перспективных.

На одном из них – участок рудопроявления Левобережного, была выявлена локальная геофизическая аномалия ЗМПП. С одной стороны аномалия имела откровенно рудные характеристики, с другой – она была расположена на участке известного, ранее детально изученного рудопроявления, и с учетом всего комплекса выполненных работ участок был оценен как бесперспективный. Однако заданная скважина вскрыла в интервале 15-92 м богатые массивные медноколчеданные руды. Объект был оперативно разведан силами ОАО «Гайский ГОК» и подготовлен для отработки карьерным способом (Кузнецов, 2006).

Приведем обзор результатов детальных геофизических работ определивших перевод известного рудопроявления в разряд месторождения.

Линзовидная залежь массивных медноколчеданных руд Левобережного месторождения залегает среди спилитов, вариолитов и зеленых сланцев (Прокин, Нечеухин, Сопко, 1985).

Здесь выделяют две подтолщи: верхняя $D_1km^2_3$ – надрудная представлена диабазовыми порфиритами массивного и по-

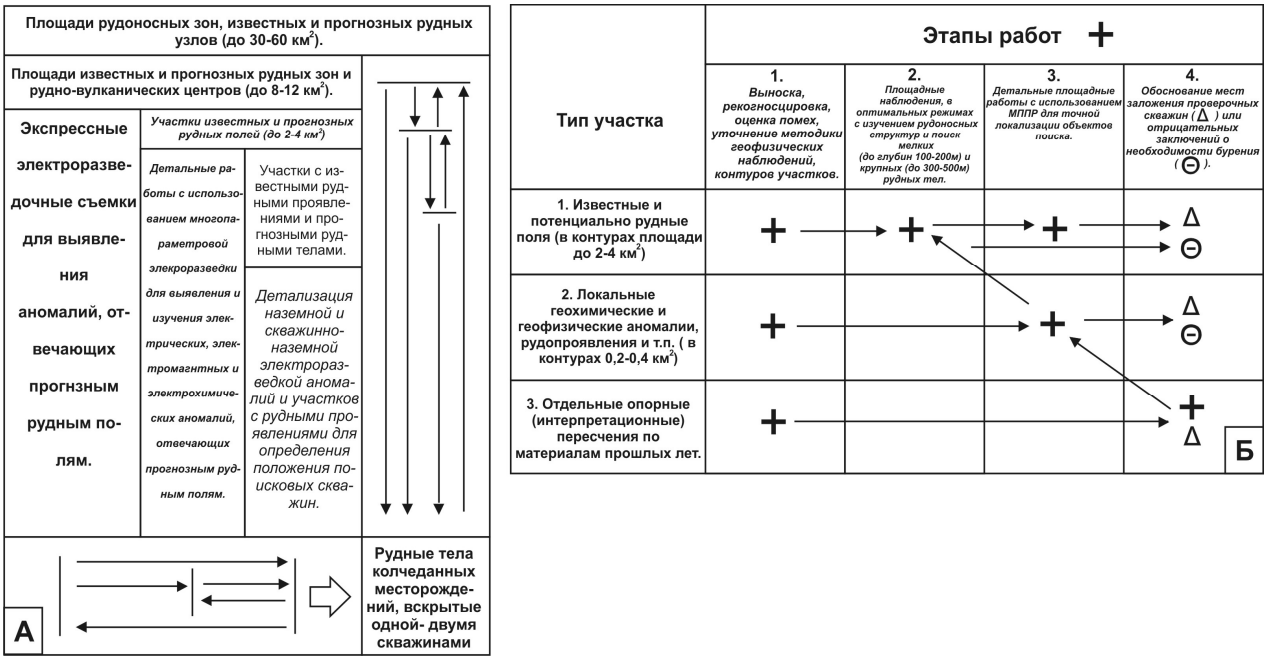

Рис. 3. Организация геофизического обеспечения поисков колчеданных месторождений на Южном Урале: А – технологическая схема оптимизации поисков колчеданных месторождений; Б – схема детальных поисков и экспрессной оценки перспективных участков с использованием модификации импульсной электроразведки (ЗМПП, ПМПП, МППР)

душечного строения; нижняя $D_1km^3_3$ – подрудная толща отличается присутствием в разрезе кремнисто-гематитовых прослоев. Оруденение и сопровождающая маломощная хлорит-серицит-кварцевая метасоматическая переработка пород имеет крутое юго-юго-восточное склонение.

Первое рудное подсечение на будущем месторождении было выявлено при проверке аномалии выявленной по данным съемок МПП (петли 400х400 м), выполненных Орской геофизической экспедицией в 1977 г. Выявленная аномалия была сопоставима или даже более выразительна, чем наблюдаемые над рудными телами Осеннего и Летнего месторождений. Заметим, что при съемках МПП с петлями 600х600 м, описываемый объект не был зафиксирован (рис. 2Б). Работы по методике КМПК (контактный метод поляризационных кривых) выявили электрохимические реакции, отвечающие объекту с прогнозными запасами полезных компонентов крупного месторождения. Дальнейшее изучение объекта находилось в сфере геологических исследований с бурением скважин по сети 200(100)х100(50) м с глубиной до 600-900 м (рис. 4А). В конечном итоге в 1998 г. при очередной переоценке запасов и прогнозных ресурсов Оренбургской области Левобережный участок отнесен в разряд непромышленных по экономическим причинам.

На данном участке в районе рудопроявления в 2001-2002 г.г. Институтом геофизики УрО РАН были выполнены комплексные геофизические исследования по уточнению геологического строения объекта и по усовершенствованию методики детальных поисков, в том числе по проверке разрешающих способностей отдельных методов в условиях района.

Была реализована разработанная в Институте геофизики схема (рис. 3Б) детальных поисков и экспрессной оценки перспективных участков с использованием импульсной электроразведки (ЗМПП, ПМПП, МППР). Особенно информативна оказалась рамочная модификация наблюдений переходных процессов внутри генераторной петли (рис. 4Д и рис. 4Е). Именно по результатам наблюдений МППР детально локализовано положение и оценены масштабы рудной залежи, определившие заложение и бурение скважин №1 и 2, и перевод рудопроявления в разряд месторождения (Кузнецов, 2006).

Ранее на всей территории района Орской геофизической экспедицией выполнены гравиметрические съемки м-ба 1:25000 (сеть 250х50 м).

По этим данным участок месторождения расположен в субширотной зоне повышенных градиентов поля силы тяжести, совпадающей с наблюдаемой на участке ориентировкой рассланцевания пород.

По результатам последних высокоточных детальных (20х40 м) наблюдений выполненных Институтом геофизики отмечается характерная в миниатюре для многих участков известных рудных полей картина распределения гравитационного поля (рис. 4Б). На фоне пересечения разнонаправленных выраженных высокоградиентных зон отмечается относительное понижение поля силы тяжести, в центре которого расположена локальная аномалия, отвечающая рудной залежи. Интенсивность аномалии согласуется с избыточными массами выявленного рудного объекта.

По данным магнитометрии м-ба 1:10000-1:25000 рассматриваемый участок расположен в зоне кольцевых распределений аномалий, фиксирующих разрезы с магнитными кремнисто-гематитовыми прослоями, относимыми на месторождении к подрудной толще $D_1km^2_3$ (рис. 2Б). При детальных съемках (сеть 10х20 м) на участке месторождения разрезы с кремнисто-гематитовыми прослоями отчетливо проявляются в магнитном поле (рис. 4В). Наблюдается так же локальная аномалия со стороны кровли рудной залежи. Эта аномалия вероятнее всего связана с намагничением пород в зоне гипергенеза. Она пространственно согласуется с положительным эпицентром аномалии по методу естественного поля (ЕП, сеть 40х40 м). Совмещение дипольного аномального распределения полей ЕП (рис. 4Г) с гравимет-

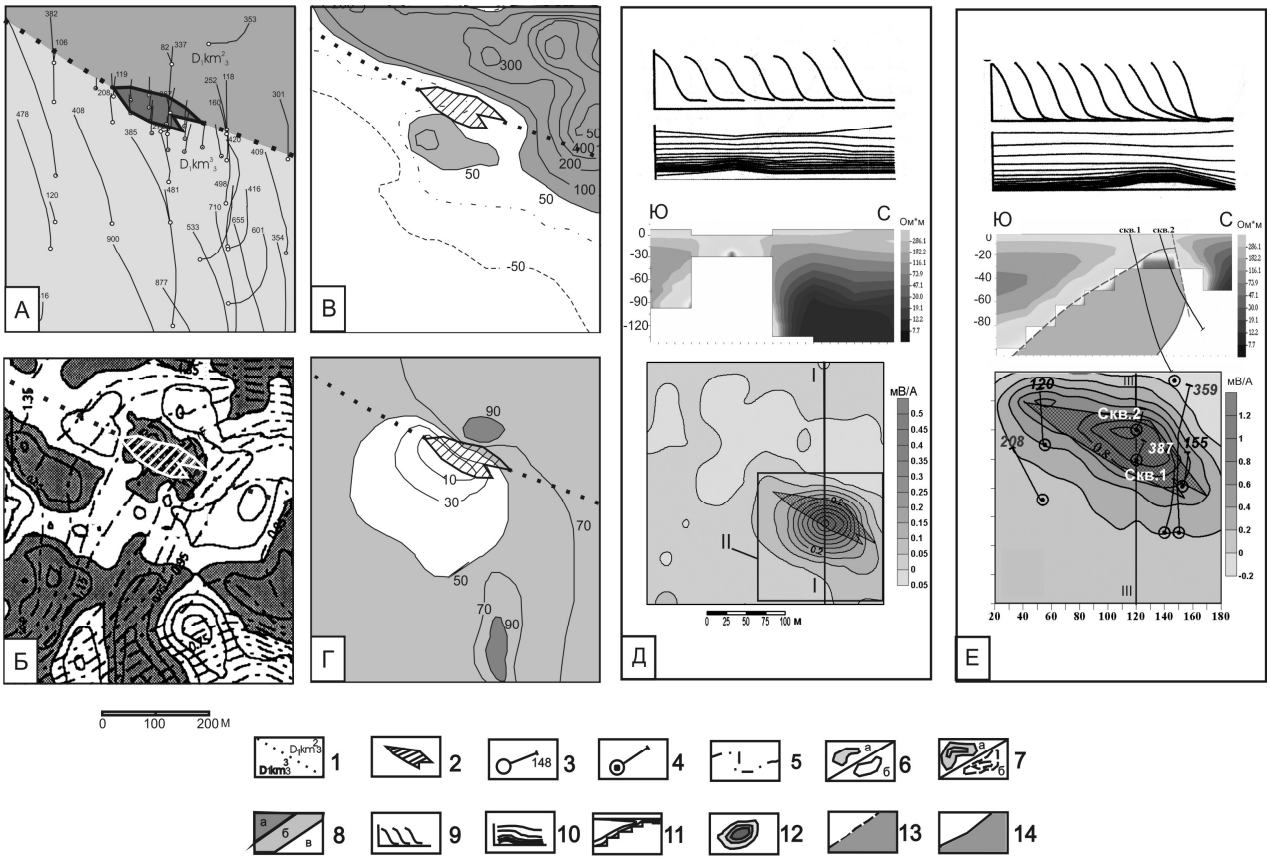

Рис. 4. Результаты геофизических исследований участка рудного поля Левобережного месторождения: А – схема геологического строения и положения скважин (по материалам ОАО «Гайский ГОК»); Б – план остаточных аномалий силы тяжести; В – план изолиний магнитного поля; Г – план изолиний естественного электрического поля; Д – результаты детализации (МППР) автономным датчиком в генераторной петле 400х400 м; Е – в петле 200х200 м.
1 – надрудная $D_1km^2_3$ и подрудная $D_1km^3_3$ толща; 2 – контуры выхода рудного тела на эрозионный срез по данным разведки; 3 – проекции скважин с отметками глубин, пробуренные в 1978-1990 гг.; 4 – скважины, пробуренные при проверке аномалии в 2001 г. (скв. 1 и 2, рис. Е) и при разведке месторождения в прошлые годы; 5 – изолинии региональной составляющей поля силы тяжести (рис. 3Б); 6 – изолинии остаточных аномалий (рис. Б) относительно повышенного (а) и пониженного (б) поля; 7 – изодинамы магнитного поля (рис. В) с выделением относительно повышенных (а) и пониженных (б) значений; 8 – изолинии естественного поля (рис. Г) с выделением повышенных (а), фоновых (б), и пониженных (в) значений; 9 – переходные характеристики спада эдс по профилям наблюдений с автономным датчиком; 10 – годографы значений переходного поля; 11 – схематические геоэлектрические разрезы; 12 – планы значений переходных характеристик на задержках 3 мс; 13 – граница рудного тела по данным МПП; 14 – то же подтвержденные по данным бурения скважин № 1 и № 2

рической аномалией (рис. 4Б) в сочетании с локальным понижением электрических сопротивлений (по данным МППР, рис. 4Д, 4Е) трудно объяснить за счет нерудных вариантов в условиях изучаемой площади. Важным является то, что рассмотренные аномалии и их сочетания в силу малых размеров отмечаются лишь на уровне съемок м-ба 1:2000-1:5000 и не фиксируются съемками м-ба 1:10000-1:25000, и это – принципиальный момент, который обязателен при точном задании проверочных скважин.

Обсуждение результатов и выводы

Мелкое по принятой шкале оценок Левобережное месторождение вероятнее всего последнее на сегодняшний день из вы-

деленных на Урале объектов для промышленной отработки (Кузнецов, 2006) карьерным способом. Этот факт заслуживает с учетом всего ранее изложенного определенных выводов, которые приводятся ниже.

На Урале известны десятки (более 60) разведанных месторождений. Одно уникальное, 6-9 крупных, десятки мелких и средних, первые сотни (300-500) рудопроявлений, многие сотни точек обогащенной минерализации, геофизических и геохимических аномалий.

Основная часть перечисленных объектов в силу особенностей строения и географической приуроченности, включая степень изученности, расположена на Южном Урале. Очевидна, подтвержденная практикой, стратегия организации геологоразведочного процесса для наращивания запасов руд в регионе на основе работ обеспечивающих перевод объектов из низкого ранга в высокий. Это происходит при прогнозировании, поисках и разведке колчеданных месторождений и главная задача в сложившейся ситуации – повысить эффективность отмеченного процесса.

В нем выделяются геологические, геохимические и геофизические методы решения поставленных задач. Наиболее трудоемки геологические и буровые работы, далее следуют геохимические исследования, и наименее трудоемки – методы геофизики. Геологические и геохимические методы неразрывно связаны с буровыми работами и определяют результаты прогнозирования и разведки месторождений. При поисках же колчеданных месторождений геофизические методы – ведущие, в силу физико-геологических предпосылок и это подтверждено всей историей открытия месторождений. (Первооткрыватели…, 2002; Виноградов, 2004), и еще раз показано на примере вновь открытого Левобережного месторождения.

В заключение статьи хотелось бы с учетом происходящей в настоящее время (Михайлов, 2006) реанимации поисковой службы обратить внимание на нижеследующее:

1) оптимизация поисков колчеданных месторождений на Урале и в провинциях сходного строения должна исходить из объективно существующих физико-геологических предпосылок, определяющих приоритет геофизики при минимально возможных затратах на буровые работы;

2) заверка геофизических аномалий должна осуществляться единичными скважинами, положение и глубины которых определяются детальными геофизическими съемками м-ба 1:2000-1:5000, а каждая последующая скважина на аномалии задается с учетом результатов работ (включая ГИС) на предыдущей;

3) выявление мелких, в том числе неглубокозалегающих месторождений (рудных тел) еще только начинается. Их экспрессное вовлечение в карьерную отработку приносит вероятнее всего экологический ущерб несравнимо больший прибылей частных компаний, отрабатывающих объекты;

4) выявление крупных месторождений на глубинах до 300-500 м является главной стратегически, экологически и экономически оправданной наукоемкой задачей. Её успешное решение предопределено высоким уровнем предыдущей изученности рудных районов Уральского региона, созданными технологиями прогнозирования и поисков, прогрессом аппаратурно-методической обеспеченности геофизических исследований. Для решения этой задачи целесообразно формирование и реализация специализированных наукоемких программ.

Литература

Великин А.Б. и др. Измерительно-информационная система импульсной электроразведки // Геофизическая аппаратура. 1996. Вып. 100. С. 38-50.

Виноградов А.М. Роль геофизических исследований при проведении геолого-съемочных работ на Южном Урале // Разведка и охрана недр. 1996. № 12. С. 34-38.

Виноградов А.М. Комплексные геофизические исследования в помощь геологическому картированию и прогнозированию м-ба 1:50000-1:200000 в восточной части Орен-

бургской области // Геофизические исследования при геологическом картировании. Алма-Ата: КазВИРГ, 1968. С. 37-45.

Виноградов А.М., Прозоров В.И., Виноградова В.Н. Геофизические исследования м-ба 1:50000-1:200000 с целью металлогенического прогнозирования в восточной части Оренбуржья // Геофизические методы при крупномасштабном прогнозировании сульфидных месторождений. Л.: Недра, 1970. С.17-24.

Виноградов А.М. Геофизическое обеспечение геологического и экологического картирования Южного Урала (на примере Оренбургского пересечения) // Изв. ВУЗов. Горный журнал. 1998. С. 58-63.

Виноградов А.М. Геополя и колчеданы Южного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 184 с.

Кузнецов С.И. Итоги геологического поиска и разведочных работ Гайского ГОКа в 2006 г. // Новые методы геологического изучения, добычи и переработки руд цветных и благородных металлов. Челябинск: Цицеро, 2006. С. 182-187.

Меньшиков Ю.П., Никишева Г.Н., Щебухова С.В. Сейсмические исследования в рудных районах Оренбуржья // Физические поля на медноколчеданных и железорудных месторождениях Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 20-25.

Михайлов Б.К. Об основных итогах геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые в 2005 г. и планах на 2006 г. // Разведка и охрана недр. 2006. № 1. С. 3-10.

Первооткрыватели отечественных месторождений. Отечественная геология. № 5-6. 2002, С. 63-92.

Попов В.В., Сафонов Ю.Г. Проблемы развития и эффективного использования минерально-сырьевой базы России. М.: 2003. 202 с.

Потапенко Б.П. Минерально-сырьевая база – твердые полезные ископаемые Оренбургской области и перспективы ее развития // Отечественная геология. 1996. № 6. С. 12-17.

Прокин В.А., Нечеухин В.М., Сопко П.Ф. Медноколчеданные месторождения Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. 288 с.