

ФАКТОРЫ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА, НАПРАВЛЕНИЕ И МЕТОДИКА ПОИСКОВ КРУПНЫХ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА УРАЛЕ

© 2014 г. А. М. Виноградов*, А. И. Малышев**

*Уральский государственный горный университет
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
E-mail: gort@mail.ru

**Институт геологии и геохимии УрО РАН
620075, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7
E-mail: malyshev@igg.uran.ru

Поступила в редакцию 12.03.2014 г.

Приведен обзор факторов и критериев, раскрывающий закономерности распределения участков с ураганной сульфидной минерализацией на Урале. Показано, что созданные теоретически и экспериментально обоснованные геолого-геофизические технологии прогнозирования и поисков крупных месторождений колчеданной формации на глубинах до 300–500 м, при соблюдении “принципа оптимальной минимизации” затрат, обеспечивают приоритеты формирования ресурсов и запасов “традиционных” колчеданных руд в балансе минерального сырья медно-рудного производства. На примере Левобережного месторождения в Теренсайско-Домбаровской рудоносной зоне и рудного узла, вмещающего Гайское месторождение, раскрыты особенности и предпосылки успешного решения проблемы формирования Южно-Уральского (Cu, Au) перспективного центра экономического роста России на период до 2020 г.

Ключевые слова: колчеданы, геополья, критерии, аналогии, прогноз, поиски, технологии, крупные месторождения, рудопроявления, оптимальность.

ВВЕДЕНИЕ

На Урале известны десятки (более 60) колчеданных месторождений. Одно уникальное, 6–9 крупных, десятки мелких и средних, первые сотни (300–500) рудопроявлений, многие сотни точек обогащенной минерализации, геофизических и геохимических аномалий (рис. 1). 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 более высокий. Это происходит при прогнозировании, поисках и разведке колчеданных месторождений, и главная задача в сложившейся ситуации – повысить эффективность отмеченного процесса.

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 геофизика, в силу физико-геологических предпосылок, – ведущий метод и это подтверждено всей историей открытия месторождений. Однако, приоритеты расположены в другом порядке, что отрицательно влияет на эффективность процесса выявления новых месторождений.

В практике поисков колчеданных месторождений сложились стадийность и традиционная направленность формирования ресурсов и обоснования запасов колчеданных (медных, медно-цинковых, золотополиметаллических и др.) руд. Они регламентируют организацию и оценку эффективности прогнозно-поисковых работ на Урале. При этом наблюдается парадоксальная ситуация, когда оценки ресурсов и запасов минерального сырья претерпевают существенные вариации. Однако, открытия новых медно-колчеданных месторождений в регионе в последние 20–30 лет стали крайне редкими. В результате на Урале традиционный тип месторождений меняется на “нетрадиционный” – медно-порфировый. Президент Русской медной компании (РМК) В.В. Левин раскрыл эту ситуацию в своем интервью (от 28.08.2012 г.) в рубрике пресс центра компании: “...это не только наша беда: богатых ме-

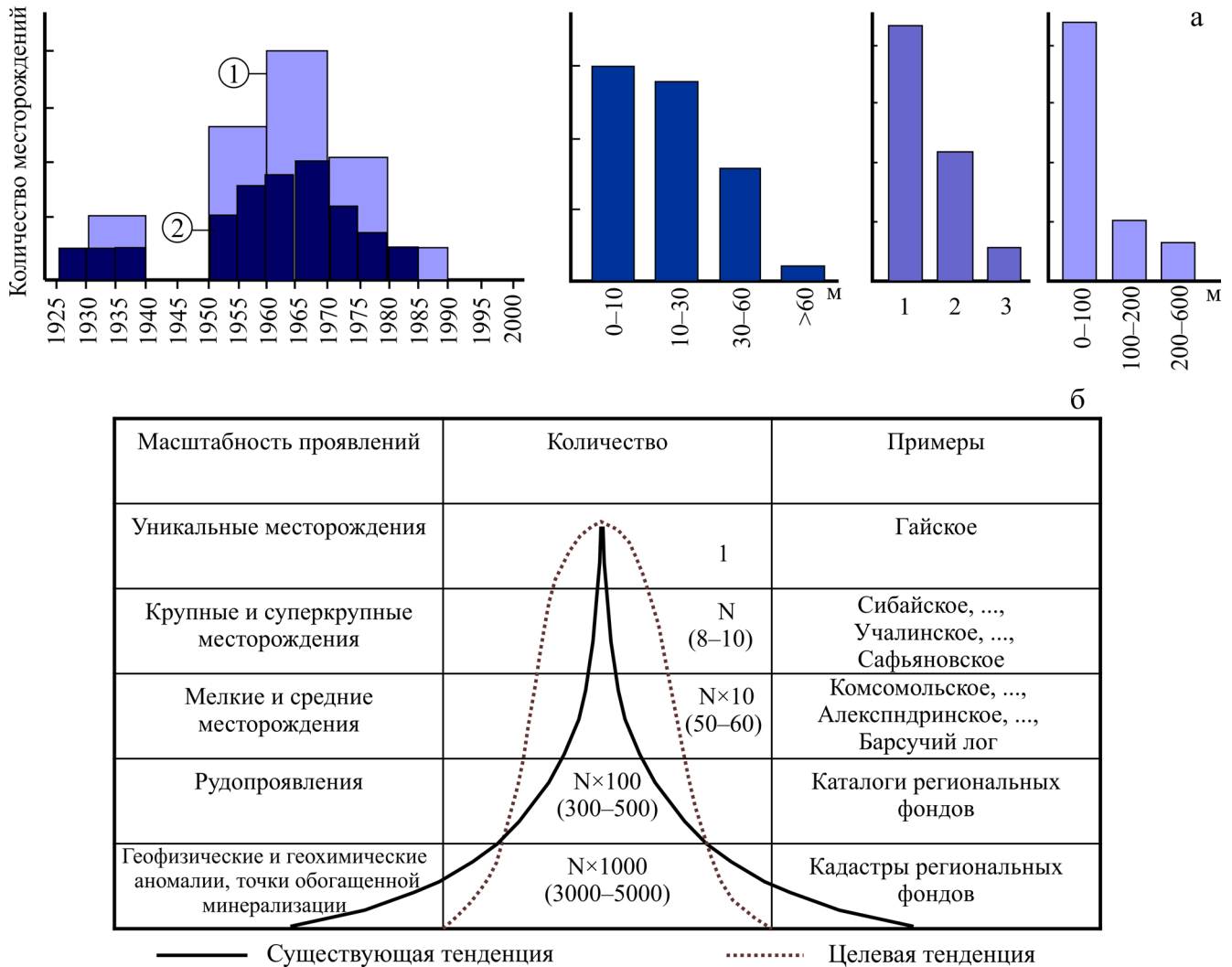


Рис. 1. Динамика открытий и основные характеристики доступности при поисках колчеданных месторождений Южного Урала (а), масштабность и количество проявлений колчеданной минерализации на Урале (б).

а – слева направо: первая диаграмма – динамика открытий месторождений по десяти- (1) и пяти- (2) летним интервалам; вторая диаграмма – распределение мощности рыхлых мезозойско-кайнозойских отложений в районе известных месторождений; третья диаграмма – распределение известных месторождений по отношению к эрозионному срезу (1 – эродированы рудные тела, 2 – эродированы зоны околорудного метасоматоза, 3 – признаки оруденения не вскрыты эрозионным срезом); четвертая диаграмма – распределение глубины до верхних кромок рудных тел известных месторождений.

Fig. 1. Dynamics of opening and the basic characteristics of availability by searches pyrite deposits of Southern Ural Mountains (a); scale and quantity of displays of pyrite mineralizations in Ural Mountains (б).

а – from left to right: the first chart – dynamics ore deposits discoveries of ten (1) and five (2) year intervals; second diagram – distribution of thickness unconsolidated Mesozoic-Cenozoic sediments near known deposits in relation to erosional truncation (1 – eroded ore bodies, 2 – eroded area near-ore metaosomatites, 3 – no signs of mineralization covered by erosion); fourth chart – the distribution of depth to the upper edges of the ore bodies known deposits.

сторождений больше нет. Мировые запасы медной руды истощаются. Нужно работать по новым правилам”. Бизнес не может больше ждать открытий новых крупных колчеданных месторождений. Работая по “новым правилам”, он вышел на уникальные технологии разработки руд с низким содержанием полезных компонентов на Михеевском, Томилинском и других медно-порфировых месторождениях, и это главное событие в новом веке на Урале.

Наши исследования и экспериментальные работы, выполненные в ряде колчеданных рудных районов (Домбаровский, Гайский, Александринский, Сафьяновский и др.) показывают, что ресурсы и запасы могут быть конкретизированы новыми открытиями традиционных месторождений определенных рангов: уникальные–крупные, крупные–средние, средние–мелкие, мелкие–рудопроявления. Результаты поисковых работ должны сводит-

ся к обоснованному ответу о наличии и отсутствии обозначенных объектов на конкретной площади, в данном интервале глубин, доступном для надежного опознания с применением современных средств при оптимальных затратах. Такая наукоемкая (сочетание НИР, тематических, экспериментальных и производственных работ в одном проекте) постановка работ должна быть реализована в специализированных геологических пространствах и при обозначенных целях. Она имеет конкурирующий выход или, с учетом происшедшего отставания темпов в освоении медно-порфировых месторождений, создает предпосылки для комплексного вовлечения в эксплуатацию “традиционных” и “нетрадиционных” ресурсов и запасов минерального сырья. В такой постановке работы должны быть сосредоточены в геологических пространствах, подготовленных на основе применения всего громадного ресурса информации предшествующих исследований и работ. Эта информация должна включать (с учетом ранжирования целей и масштабами запасов поискового объекта): уникальное (крупное) месторождение в пределах Южно-Уральского (Cu, Au) перспективного центра экономического роста России до 2020 г. [20]; крупное (среднее) месторождение, например Александринский и Гайский рудные узлы [9, 33]; среднее (мелкое) месторождение, например Домбаровский рудно-вулканический центр [1, 4]; мелкое месторождение (рудопроявление), например Сабановское рудное поле [9, 11].

Полагаем, что в настоящее время приоритетными объектами поисков для совершенствования ресурсов и запасов меди на Урале являются крупные колчеданные месторождения [8, 29, 34]. Предпосылки и организация их поисков достаточно полно проработаны кафедрами МГУ и УГГУ, ЦНИГРИ, институтами РАН и другими организациями. На фактическом материале показано, что в структуре физических и минерагенических геополей Урала содержится общность, раскрывающая положение рудоносных зон и рудных узлов с ураганным проявлением сульфидной (колчеданной) минерализации. В пределах таких объектов выделяются [4, 6] особо перспективные участки, где современный комплекс геофизики обеспечивает выявление крупных месторождений на глубинах до 300–500 м.

Обозначенный целевой подход, отработанный на известных объектах Южного Урала, еще раз продемонстрирован на примере выделения в Александринском районе рудного узла и в его пределах локальной прогнозной палеогидротермальной структуры. В ее эпицентре выявлена комплексная геофизическая аномалия. Она, вероятнее всего, отвечает крупному месторождению с верхней кромкой неэродированных рудных тел на глубинах порядка 100–200 м. Данный объект по итогам аукциона, в соответствии с приказом по МПР РФ от 11.07.2013

№ 605, вошел в контуры участка выделенного с целью геологического изучения, разведки и добычи, колчеданных медно-цинковых руд и вероятнее всего в 2014 г. будет проверен в соответствии с рекомендациями [29] одиночной скважиной. Ожидается, что скважина вскроет на глубинах 100–300 м неэродированные рудные залежи крупного по объему рудной массы месторождения. Подобные объекты выделяются на локализованных участках в пределах других рудных районов Урала [8, 34].

Цель статьи: провести сжатый обзор и обозначить реальность созданных новых наукоемких технологий обеспечения ресурсов и запасов медно-рудного производства за счет открытия в период до 2020 г. новых перспективных структур и крупных медноколчеданных месторождений.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПОИСКОВ

Факторы и критерии, прослеживаемые при изучении и интерпретации геополей по специальному алгоритму [4, 6, 7] и положенные в основу технологии экспрессного прогнозирования и поисков крупных сульфидных (колчеданных) месторождений, образуют следующий ряд: 1) глобальные (контроль Урало-Оманской ступенью геопотенциала, приуроченность уникальных проявлений минерализации к секущим субширотным деформациям ступени, связь с глубинными физическими неоднородностями, включая коромантийные диапиры и др.); 2) региональные (выраженный базитовый, базит-гипербазитовый магматизм раннего-среднего палеозоя, приуроченность к глубинным зонам базификации (уплотнения) вещества в сочетании с разуплотнением (раскислением) с позиции геофизики связанными с сиалитизацией земной коры, контроль крупными (глубинными) разломами различной природы при их сопряжении в пространстве и времени и др.), 3) локальные (дискретный характер проявления рудоносных структур с куполообразным воздыманием упругих неоднородностей со стороны подошвы рудоносных ярусов, узловая ортогональная ориентировка тектонических дислокаций, как отражение унаследованности и долгоживучести рудоподводящих каналов, выраженный характер разуплотнения, фиксирующий дискретную локализацию палеогидротермальных структур на участках палеодилатации в верхней части земной коры и др.), 4) детальные (контрастность локальных аномалий по согласованности структурных характеристик наблюдаемых геополей, заверенная наблюдаемыми аналогами, положение локальных аномалий в иерархии структур колчеданной формации, потенциальная масштабность прогнозной рудной массы по данным количественной интерпретации геополей и др.), 5) системные согласования частных моделей, выявленных аномалий геополей и структур с общей теоретической моде-

Таблица 1. Предметные начала исследований в организации поисков колчеданных месторождений [4, стр.18]
Table 1. Initial data in orderly search of pyrite deposits [4, p. 18]

По уровню организации вещества	Минерал	Парагенезис (пород, руд)	Формация	Категория... (парагенезис формаций)
По геолого-экономической значимости	Рудопроявление Рудная залежь Месторождение		Рудный район	Рудный регион Рудная провинция
По организации колчеданосной формации	Рудное тело Рудное поле Рудно-вулканический центр		Рудная зона Рудный узел Рудоносная зона	Металлогеническая зона...
По стадиям геологоразведочных работ	Поисково-оценочные работы Детальные поиски Общие поиски		Металлогеническое прогнозирование	
По масштабу исследований	Детальные 1:10 000 и крупнее	Крупномасштабные 1:10 000 – 1:50 000	Среднемасштабные 1:50 000 – 1:200 000	Мелкомасштабные 1:500 000 и мельче

люю колчеданной формации, а также другие факторы и критерии.

Обозначенные факторы и критерии составляют концептуальную основу разработанной и динамично развиваемой наукоемкой технологии прогнозирования и поисков крупных колчеданных месторождений. Предметное содержание цели раскрывается в обобщенной и частных моделях колчеданной формации, конкретно реализуемых на участках прогнозных и известных рудных районов и месторождений (табл. 1)

Геофизическая модель колчеданной формации (ГМКФ) включает естественные физические неоднородности разных уровней организации вещества (... элементарный, минеральный, породный, формационный, ...), входящих в состав структурно-вещественных образований, контролирующих локализацию сульфидов в связи с вулканическими проявлениями базитового магматизма. На Урале достаточно отчетливо выражены все составляющие ГМКФ: рудоносные зоны – пояса вулканитов вдоль магмовыводящих разломов палеозоя, кулисообразно расположенные в области выходов и кровли предполагаемых по сейсмологическим данным восходящих с востока коромантийных диапиров; рудные узлы – активные центры палеовулканизма на пересечении рудоносных зон с полосами скрытых секущих тектонических дислокаций, затрагивающих переработанный дорифейский фундамент; рудные зоны – пояса региональных разломов, контролирующих распределение контрастно и последовательно дифференцированных вулканитов; в составе рудоносных и рудных зон выделяются рудно-вулканические центры и рудные поля – локализованные палеогидротермальные структуры полигенного и полихронного характера с однокорневой или многокорневой структурой восходящих потоков рудоносных флюидов; рудные участки, залежи и отдельные тела локализованных скоплений сульфидов.

Урал – уникальная минерагеническая провинция с многочисленными проявлениями полиген-

ных и полихронных рудных месторождений, прежде всего фемической специализации (Ст, Cu, Fe, Ti, Ni, Co, ...). Особое место занимает колчеданная формация с крупными, суперкупными и уникальным Гайским месторождением. При этом анализ истории открытий выявленных месторождений показывает, что эти события главным образом связаны с изучением прямых признаков (бурые железняки с медной зеленью, выходы купоросных вод, аномалии физических полей рудной природы). Особое место занимают события наукоемких открытий с применением комплекса методов геофизики, обеспечивающие приоритеты структурных и вещественно-формационных критериев. Последние десятилетия на фоне резкого спада эффективности поискового процесса было открыто лишь одно (Ново-Учалинское) крупное глубокозалегающее месторождение. Нами видится перспектива дальнейшего наращивания подобных объектов, способная коренным образом изменить потенциал известных меднорудных районов и выявить новые, что заложено в применении современных наукоемких технологий, развиваемых и совершенствуемых в процессе их реализации. Необходим переход на новые, уже подготовленные методы прогнозирования и поисков с изменением сложившихся стереотипов. Они предусматривают соединение в едином процессе критериев, связанных с применением региональных, локальных и детальных факторов при выявлении крупных месторождений.

Заметим, что основной и в принципе верный критерий – “ищи руду около руды”, привел к приоритету буровых работ в организации поисков. Современная индустрия бурения стимулирует такую организацию. В результате наиболее затратная часть работ – бурение, сосредоточенная на изучении выявленных рудопоявлений и участков с богатой минерализацией привела к кратному увеличению последних и открытию множества мелких месторождений. Однако 70–80% колчеданных руд извлекается из крупных и суперкрупных месторожде-

ний, а мелкие высокотратные при поисках и разведке объекты, вовлекаемые в отработку, наносят экологический ущерб, значимость которого становится проблемой жизнеобеспечения региона.

На новом этапе прогнозирования и поисков колчеданных месторождений в пределах Южно-Уральского центра (Cu, Au) экономического роста России [20] мы сталкиваемся с необходимостью выбора одного из двух направлений в решении проблемы: 1) планомерные (затратные) поиски в известных и прогнозных рудных районах по сложившемуся стереотипу и сложившейся результативностью, приводящей к выявлению рудопроявлений и мелких месторождений; 2) выход на новые наукоемкие, ориентированные на прогноз и поиски крупных и суперкрупных месторождений, технологии с коренным изменением качественной структуры ресурсов и запасов колчеданных руд в регионе. Заметим, что последнее направление, связанное со снижением уровня затрат со всеми вытекающими последствиями, организовалось еще в 1960–1970 гг. (см., например [3; 35]), но до последнего времени не может выйти на очевидную практическую реализацию. Причина, вероятнее всего, – “человеческий фактор”.

К настоящему времени завершился цикл фундаментальных исследований и работ, очертивший реальность приоритета целенаправленных поисков крупных и суперкрупных колчеданных месторождений. Они сводятся к следующему: достигнут высокий уровень геолого-геофизической изученности региона; определены главные закономерности размещения особо перспективных региональных, а в их пределах локальных рудовмещающих структур; сформирован огромный резерв выявленных и неочтенных до настоящего времени участков, геофизических и геохимических аномалий, рудопроявлений, мелких месторождений, требующих современной оценки как возможные индикаторы поисков крупных месторождений; создана базовая геолого-геофизическая технология прогнозирования и экспрессных поисков колчеданных месторождений для Южного Урала еще раз заверенная при исследованиях в Александринском рудном районе (2005–2008 гг.); научно-техническая революция последнего десятилетия обеспечила создание средств регистрации, обработки и экспрессной интерпретации геополей, возможностями которой геологическая отрасль в полной степени еще не воспользовалась, хотя средства, прошедшие НИР и ОКР уже имеются; на период до 2020–2030 гг. в развитии перспективных центров экономического роста России Южно-Уральский (Cu, Au) центр вошел в число первоочередных объектов [20], а оптимальность ресурсов и запасов минерально-сырьевой базы связана с выявлением крупных месторождений.

Таким образом, подготовлены основы формирования и успешной реализации наукоемкого проекта тематических и опытно-производственных исследо-

ваний и работ, нацеленного в едином цикле на выявление на Южном Урале крупных и суперкрупных месторождений [8, 34]. Уже частично достигнуты следующие результаты:

1. Развита принята и сформированы новые критерии прогнозирования и поисков крупных месторождений, что является признаком наукоемкой технологии в ее динамичном совершенствовании.

2. Конкретный выход разработки, обозначен уже зримым выделением 2–3-х рудных узлов, аналогичных уникальному в Уральской и мировой геологии объекту – Гайскому рудному узлу с суперкрупными запасами колчеданных руд одноименного месторождения. К таковым объектам по геофизическим признакам [9, 12] мы относим Солончатский, Блакский и другие менее выраженные прогнозные узлы.

3. Можно назвать в ряду первоочередных и до 3–5 рудных узлов, аналогов известных рудных узлов с промышленно значимыми месторождениями. Это Александринский, Киндерлинский, Маканский, Айдырлинский, Желтинский, Карабутакский и другие, менее выраженные.

4. В рамках выделяемых рудных узлов можно обозначить первые десятки выявленных ранее локальных структур и аномалий, к которым уже сейчас можно привязать прогнозные ресурсы по P_2 – P_1 . Это прежде всего южные фланги рудного поля Гайского месторождения (не менее 25–35 млн т рудной массы), палеогидротермальная структура участка Золотая гора (15–20 млн т р.м.), аномалии МПП Солончатской структуры (5–10 млн т р.м.).

Каждое из известных проявлений медноколчеданных руд, детально изученных и переданных к промышленному освоению, обладает общими и своеобразными, порой неповторимыми, характеристиками. Опыт их поисков, разведки и изучения составляет основу “оптимальной минимизации” затрат [9, 18] и развития наукоемких технологий. Уместно обратиться к этому опыту на примере двух объектов – Левобережного и Гайского месторождений в сочетании с рассмотрением типовых особенностей строения вмещающих структур. Первое – мелкое месторождение, оперативно открыто и разведано в 2003 г. и обрабатывается карьером с 2011 г. Второе – уникальное по запасам руд, открыто в 1952 г. и активно эксплуатируется с 1959 г.

ЛЕВОБЕРЕЖНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ В СТРУКТУРЕ ТЕРЕНСАЙСКО-ДОМБАРОВСКОЙ РУДОНОСНОЙ ЗОНЫ

История открытия Левобережного медно-колчеданного месторождения (Оренбургская область) подчеркивает достаточно типовую ситуацию длительного, сложного и трудоемкого процесса открытия и разведки любого из известных месторождений, доведенного до промышленного освоения. На основании заключительных геофизических работ,

выполненных в 2001–2003 гг. [1; 19], определился перевод известного рудопроявления в разряд месторождений.

Рудное поле месторождения расположено в пределах Домбаровского рудного узла Теренсайской рудоносной зоны. При установлении этого факта определяющими явились результаты региональных геофизических съемок и данные сейсморазведки, принципиально изменившие представления о строении территории. Антиклинорная структура с выходом в ядре предполагаемых докембрийских метаморфических комплексов была переведена в вулкано-тектонический трог [28], образованный над квазиспрединговой зоной клиновидной формы, заполненной базитами (рис. 2а). 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.

В центре Домбаровского рудного узла, расположен Джаилганский рудно-вулканический центр (рис. 2б). В его пределах выявлено рудное поле Осеннего медно-цинко-колчеданного месторождения [1; 11; 32]. Прогноз структуры рудного поля Осеннего месторождения и выявление рудных тел в его пределах закреплен в приоритетном отношении за геофизическими работами с присвоением специалистам-геофизикам знаков “Первооткрыватель месторождения” [30].

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 медно-колчеданное месторождение. Открытие этого месторождения произошло на площади, которая перекрывалась геологическими съемками масштаба 1 : 50 000 до и после открытия Осеннего месторождения [32]. Однако, начатые комплексные геофизические съемки на участке (МПП, ВПСГ, гравиметрия, магнитометрия, литохимия м-ба 1 : 10 000) предопределили его открытие. Так, уже в процессе опережающих геологических маршрутов с отбором проб для литохимических анализов были обнаружены пропущенные ранее 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 закрыта ГГК (глубинное геологическое картирование) масштаба 1 : 50 000. Геофизическое обеспечение работ по ГГК заключалось в неоднократном перекрытии территории съемками МПП с петлями 600 × 600 (рис. 2в), 400 × 400, 200 × 200 м,

проведении работ ВПСГ, гравиметрии, магнитометрии, поверхностной и глубинной литохимической съемки масштаба 1 : 10 000–1 : 25 000. Аналогичные работы были развернуты в области выхода на эрозионный срез благоприятных на поиски колчеданного оруденения вулканических комплексов вдоль Теренсайско-Домбаровской рудоносной зоны (рис. 2а). В результате выявлены ряд мелких колчеданных месторождений (Амурское, Зимнее, Барсучий Лог) и большое количество рудопроявлений и точек богатой минерализации.

В этот период буровые работы приобрели столь значительные объемы, что их координация, геолого-геофизическое и геохимическое обоснование, а также освоение результатов физически не поспевали за ними. Произошел разрыв производства (освоение средств) и здравого смысла (целенаправленности затрат), который обозначился образным выражением “затратные формы в организации геологии”. 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 этого не произошло вдоль Теренсайско-Домбаровской рудоносной зоны более сложной и разнообразной по строению. Заметим, что подобная ситуация сложилась и в крайних западных частях Магнитогорской мегазоны с многочисленными медно-никель-кобальтовыми колчеданными рудопроявлениями и четырьмя мелкими месторождениями.

Для обоснования поисков вдоль откровенно перспективных Теренсайской и Урал-Тауской зон, окаймляющих Магнитогорский прогиб, в свое время привлекались все основные научные организации СССР, и, как ни парадоксально, научные обоснования, требующие высокой детальности и полноты в изучении разреза, стимулировали затратные буровые работы, а не управляли ими. Так в Домбаровском, да и в других районах громадный керновый материал документировался уже не в поле на скважине, а в кернохранилище. *Полевое описание* по заключению коллекторов, определявших *категории буримости, исключал лишь пропуск рудных интервалов*. 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, организовать который становилось все труднее. Ни-

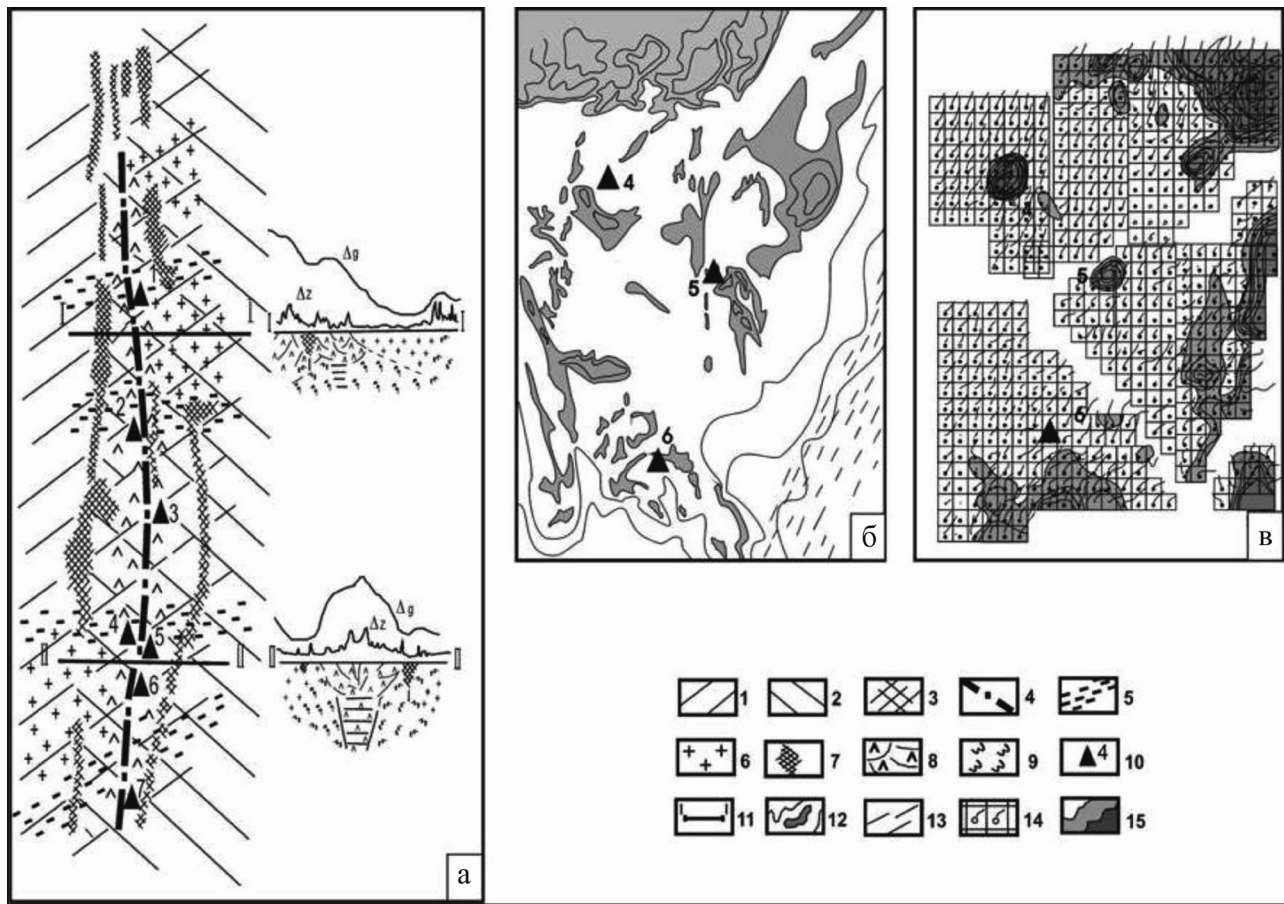


Рис. 2. Структурно-тектоническое положение и элементы строения Теренсайско-Домбаровской рудоносной зоны (а), схема магнитных полей (б) и результатов исследований методом переходных процессов (МПП) (в) в районе Джаилганского рудно-вулканического центра.

1 – Магнитогорская мегазона; 2 – Восточно-Уральская мегазона; 3 – сопряжение мегазон; 4 – осевая часть Теренсайского глубинного разлома; 5 – секущие тектонические дислокации; 6 – позднепалеозойские гранитоиды ($\sigma = 2.60 \pm 0.05 \text{ г/см}^3$); 7 – грабеновые системы, выполненные осадочными отложениями карбона ($\sigma = 2.65 \pm 0.05 \text{ г/см}^3$), вдоль региональных разломов; 8 – базитовые вулканоплутонические комплексы ($\sigma = 2.82 \pm 0.10 \text{ г/см}^3$) раннего-среднего палеозоя и квазиспрединговый клин, выполненный базитами; 9 – докембрийские метаморфические комплексы ($\sigma = 2.67 \pm 0.10 \text{ г/см}^3$); 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); 12 – распределение изодинам магнитного поля с участками повышенных значений; 13 – область особо повышенных градиентов силы тяжести; 14 – положение приемно-генераторных петель и характеристик кривых сопротивлений по времени в МПП с размерами петель $600 \times 600 \text{ м}$; 15 – изолинии значений спада поля неустановившегося сигнала в МПП (время 6 мсек) с раскраской по нарастающей интенсивности значений.

Fig. 2. Structurally-tectonic position and elements of the structure of the Terensajsko-Dombarovskiy ore-bearing zone (a), the scheme of magnetic fields (б) and results of researches by the method transitive processes (MTP) (в) around the Dzhaillga ore-volcanic centre.

1 – the Magnitogorsk megazone; 2 – the East Ural megazone; 3 – interface of megazones; 4 – an axial part of the Terensai deep fault; 5 – cross tectonic dislocations; 6 – Late Paleozoic granites ($\sigma = 2.60 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$); 7 – graben systems filled up sedimentary deposits of carbon ($\sigma = 2.65 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$), along regional faults; 8 – basaltic volcano-plutonic complexes ($\sigma = 2.82 \pm 0.10 \text{ g/cm}^3$) Early-Middle Paleozoic and a quasi-spreading wedge filled up basic rocks; 9 – Precambrian metamorphic complexes ($\sigma = 2.67 \pm 0.10 \text{ g/cm}^3$); 10 – pyrite deposits (1 – Dzhusa, 2 – Barsuchii Log, 3 – Wintry, 4 – Summery, 5 – Autumnal, 6 – Levoberezhnoje, 7 – Springtime); 11 – position of schematic cross-sections with curves of gravity anomalies (Δg) and a magnetic field (ΔZ); 12 – distribution of isodynamic lines in magnetic field with parts of the raised values; 13 – area of especially raised gradients of gravity; 14 – position of reception-generator loops and curve resistance characteristics on time in MTP with the sizes of loops $600 \times 600 \text{ m}$; 15 – isolines of recession values of the field of unsteady signal in MTP (time 6 ms) with a colouring according to value intensity

какие угрозы со стороны ГКЗ СССР об учете “перезученности” за счет наращивания объемов буровых работ и кары за это при приемке разведанных месторождений не имели воздействия. Карали уже

какие угрозы со стороны ГКЗ СССР об учете “перезученности” за счет наращивания объемов буровых работ и кары за это при приемке разведанных месторождений не имели воздействия. Карали уже

не тех, кто допустил “переизученность”, а тех кто пытался извлечь из нее максимальную отдачу. Заметим, что для дальнейшего эффективного изучения Домбаровского района губительным, мягко говоря, оказался факт варварского уничтожения громадного кернового материала из-за разгрома бесхозных кернохранилищ, откуда местным населением в суровые 90-е годы извлекались добротные керновые ящики.

Эйфория обеспеченности прогнозными и разведанными запасами медно-колчеданных руд на Урале кончилась в начале этого столетия [31]. 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 “ТОКов”). Через эту схему прошла история дальнейших поисков месторождений в Домбаровском районе.

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 [11]. 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 с использованием современного аппаратно-методического комплекса электроразведки [2]. Планомерное изучение участков было начато с наиболее перспективных. На одном из них – участок рудопроявления Левобережного, была выявлена локальная геофизическая аномалия. С одной стороны аномалия имела откровенно рудные характеристики, с другой – она была расположена на участке известного детально изученного рудопроявления, а с учетом всего комплекса ранее выполненных работ участок был оценен как бесперспективный. Однако заданная скважина вскрыла в интервале 15–92 м богатые массивные медно-колчеданные руды. Объект был оперативно разведан силами ОАО “Гайский ГОК” и подготовлен для отработки карьерным способом [19].

Приведем обзор результатов детальных геофизических работ определивших перевод известного рудопроявления в разряд месторождения [1, 11]. Линзовидная залежь массивных медноколчеданных руд Левобережного месторождения залегает среди спилитов, вариолитов и зеленых сланцев. Здесь выделяют две подтолщи. Верхняя – надрудная представлена диабазовыми порфиритами массивного и подушечного строения. Нижняя – подрудная толща отличается присутствием в разрезе кремнисто-

гематитовых прослоев. Оруденение и сопровождающая маломощная хлорит-серицит-кварцевая зона метасоматических пород имеет крутое юго-юго-восточное склонение. Первое рудное подсечение на будущем месторождении было выявлено при проверке аномалии выявленной по данным съемок МПП (петли 400×400 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 600×600 м описываемый объект не был зафиксирован (рис. 2в). Работы по методике КМПК (контактный метод поляризации кривых) выявил электрохимические реакции, отвечающие объекту с прогнозными запасами полезных компонентов крупного месторождения. Дальнейшее изучение объекта находилось в сфере геологических исследований с бурением скважин по сети $200(100) \times 100(50)$ м с глубиной до 600–900 м (рис. 3а). Детализационная геофизическая подготовка практически отсутствовала или не учитывалась. 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 гг., 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 схема [11] 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. 3д, е). 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 месторождений. И это в условиях предыдущего (1978–1998 гг.) разбуривания (рис. 3а) аномалии по сети $200(100) \times 100(50)$ м.

Ранее на всей территории района Орской геофизической экспедицией выполнены гравиметрические съемки масштаба $1 : 25\,000$ (сеть 250×50 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 (20×40 м) наблюдений отмечается характерная в миниатюре для многих участков известных рудных полей картина распределения гравитационного поля (рис. 3б).

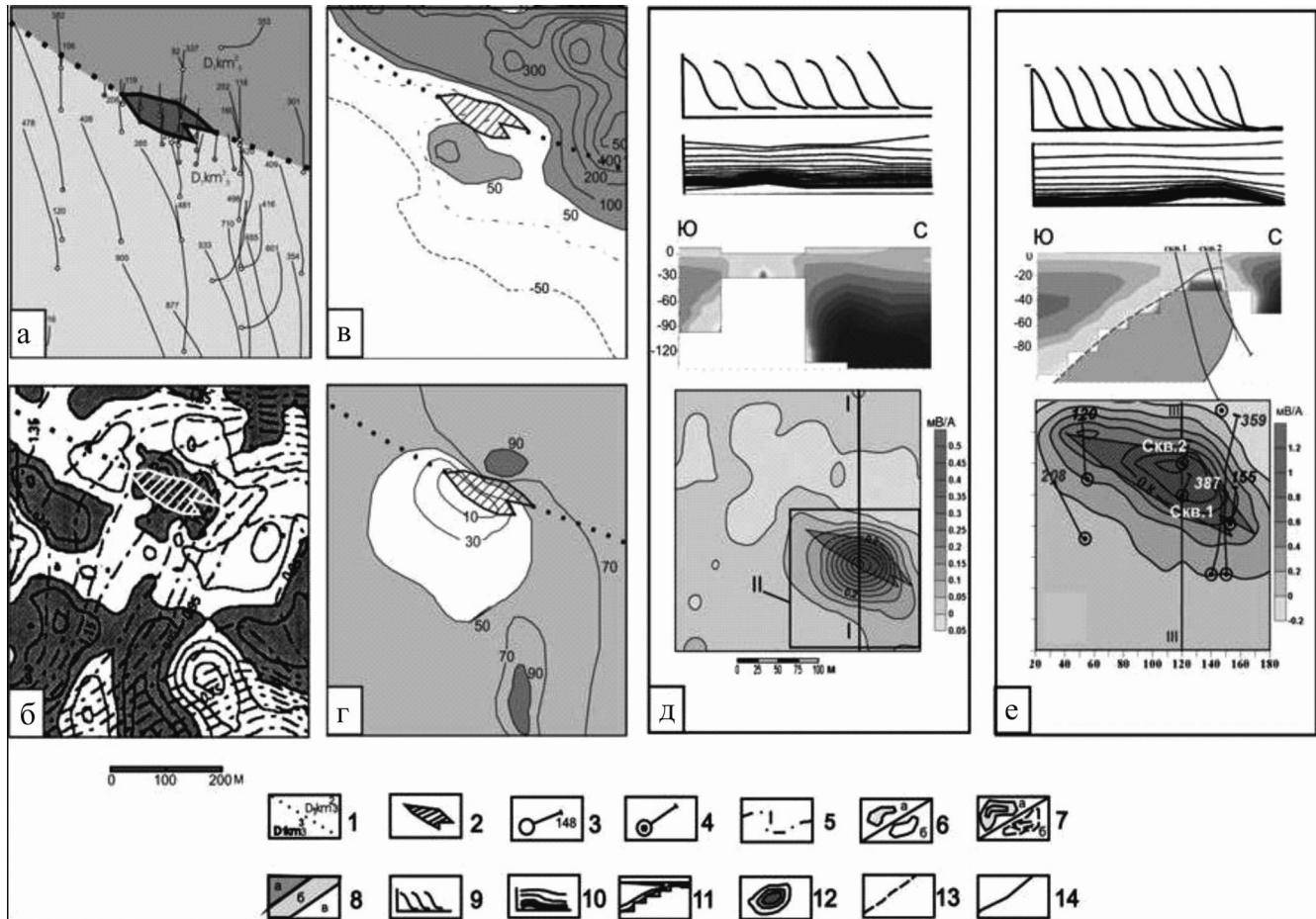


Рис. 3. Результаты детальных (масштаб 1 : 2 000 – 1 : 5 000) геофизических исследований участка рудного поля Левобережного месторождения.

а – схема геологического строения и положения скважин (по материалам ОАО “Гайский ГОК”); б – план остаточных аномалий силы тяжести; в – план магнитного поля; г – план естественного поля; результаты детализации (МППР) автономным датчиком в генераторной петле 400 × 400 м (д) и петле 200 × 200 м (е).

1 – надрудная и подрудная толща; 2 – контуры выхода рудного тела на эрозионный срез по данным разведки; 3 – проекции скважин с отметками глубин, пробуренных в 1978–1990 гг.; 4 – скважины, пробуренные при проверке аномалии в 2001 г. (сква. 1 и 2 – рис. 3е) и при разведке месторождения в 2001–2002 гг.; 5 – изолинии региональной составляющей поля силы тяжести (рис. 3б); 6 – изолинии остаточных аномалий (рис. 3б) относительно повышенного (а) и пониженного (б) поля; 7 – изодинамы магнитного поля (рис. 3в) с выделением относительно повышенных (а) и пониженных (б) значений; 8 – изолинии естественного поля (рис. 3г) с выделением повышенных (а), фоновых (б), и пониженных (в) значений; 9 – переходные характеристики 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 – граница рудного тела, подтвержденная по данным бурения скважин № 1 и № 2.

Fig. 3. The results of detailed geophysical researches (scale 1 : 2 000 – 1 : 5 000) of the part of Levoberezhnoye deposit ore field.

а – the scheme of the geological structure and position of wells (by materials “Gai GOK”); б – the plan of residual gravity anomalies; в – the magnetic field plan; г – the plan of a natural field; the results of detailed elaboration (MPPR) by independent gauge in the transmitter loop 400 × 400 m (д) and loop 200 × 200 m (е).

1 – over-ore and under-ore strata; 2 – contours of the ore body outcrop on an erosional truncation according to geological investigation; 3 – projections of wells with depths marks, drilled in 1978–1990; 4 – the wells drilled at check of anomaly in 2001. (boreholes 1 and 2 – fig. 3e) and at deposit investigation in 2001–2002; 5 – isolines of the regional component of gravity field (fig. 3b); 6 – isolines of residual anomalies (fig. 3b) concerning raised (a) and lowered (b) fields; 7 – isodynamic lines of magnetic field (fig. 3v) with allocation concerning raised (a) and lowered (b) values; 8 – isolines of natural field (fig. 3r) with separation of raised (a), background (b), and lowered (v) values; 9 – transitive characteristics on profiles of supervision with the independent gauge; 10 – the hodographs of transitive field values; 11 – schematic geo-electric sections; 12 – plans of values of transitive characteristics for delays 3 ms; 13 – the border of the ore body according to MTP; 14 – the border of ore body confirmed by drilling of wells No 1 and No 2.

На фоне пересечения разнонаправленных выраженных высокоградиентных зон отмечается относительное понижение поля, в центре которого расположена локальная аномалия, отвечающая рудной залежи. Интенсивность аномалии согласуется с избыточными массами выявленного рудного объекта.

По данным магнитометрии масштаба 1 : 10 000–1 : 25 000 рассматриваемый участок расположен в зоне кольцевых распределений аномалий фиксирующих разрезы с магнитными кремнистогематитовыми прослоями, относимыми на месторождении к подрудной толще (рис. 2б). При детальном съемках (сеть 10 × 20 м) на участке месторождения разрезы с кремнистогематитовыми прослоями также отчетливо проявляются (рис. 3в). Кроме того, наблюдается локальная аномалия со стороны кровли рудной залежи. Эта аномалия, вероятнее всего, связана с намагниченностью пород в зоне гипергенеза. Она пространственно согласуется с положительным эпицентром аномалии по методу естественного поля (ЕП, сеть 40 × 40 м). Совмещение дипольного аномального распределения полей ЕП (рис. 3г) с гравиметрической аномалией, в сочетании с локальным понижением электрических сопротивлений (по данным МППР, рис. 3д, е) трудно объяснить за счет нерудных вариантов в условиях изучаемой площади. Заметим, что рассмотренные аномалии и их сочетания, в силу их малых размеров, отмечаются лишь на уровне съемок масштаба 1 : 2 000–1 : 5 000 и не фиксируются съемками масштаба 1 : 10 000–1 : 25 000, и это принципиальный момент, который обязателен при точном задании проверочных скважин.

Мелкое, по принятой шкале оценок, Левобережное месторождение, вероятнее всего, последнее на сегодняшний день из выделенных на Урале объектов для промышленной отработки карьерным способом. Тем не менее, Левобережное месторождение можно привести как пример упомянутого во введении отрицательного влияния устоявшихся приоритетов в поиске колчеданных месторождений. На первом этапе на левом берегу временного водотока ручья Курмансай были получены геофизические данные, свидетельствующие о наличии крупного объекта, образующего аномалию. Запланированы и, естественно, выполнены объемы бурения по определенной сети скважин. Хотя можно было бы обойтись и одной скважиной. Затем, не получив запланированный результат, начались поиски признаков объекта меньших размеров. Задействована схема сгущения сети буровых работ, сохранив объемы затрат на достигнутом уровне. Хотя можно было бы после детальных геофизических наблюдений обойтись лишь еще одной скважиной. Но тогда был бы нарушен затратный механизм с реальными потерями отпускаемых ассигнований даже в случае открытия месторождения. Третий раз на достигнутом уровне затрат выйти на данный участок уже было невозможно. Наступала угроза, связанная с “пере-

изученностью объекта”, что выявлялось и каралось ГКЗ при подсчете запасов. Безопаснее для субъекта поисков в существующей системе перейти на другие участки и “успешно” продолжить работы. После всего отмеченного участок выявленного Левобережного рудопоявления при дальнейших прогнозных оценках был списан как неперспективный. Изложенная схема типовая, и ее можно прописать для многих и многих перспективных (?) участков и площадей Урала. В некоторых случаях исход был более результативный – открытие Сабановского, Зимнего, Барсучий Лог и других средних и мелких месторождений (рудопоявлений ?), фланги и глубокие горизонты которых из за отмеченной схемы еще не оценены.

Можно было бы об изложенном не вспоминать, участники событий все это и так хорошо знают. Но, с одной стороны не хотелось бы “на одни и те же грабли наступать дважды”, а это на наш взгляд происходит, и с другой – “переизученные” участки нельзя с “левобережной” легкостью исключать из числа перспективных.

ГЕОПОЛЯ И СТРУКТУРА ГАЙСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Гайское медноколчеданное месторождение, самое крупное на Урале и одно из крупнейших на планете, расположено в пределах одноименного рудного узла, рельефно проявленного в структуре геополей региона. В истории исследований площади месторождения можно выделить три периода: первый – до 1958–1960 гг., второй – до 1975–1980 гг. и последний – до настоящего времени. Сложилось так, что один из авторов статьи эпизодически принимал участие в геофизических исследованиях описываемых объектов в каждый период и поэтому имеет свою сложившуюся позицию при освещении этого вопроса, вероятно, не лишнюю субъективных оценок.

Открытие Гайского месторождения связано с известным с доисторических времен, используемым в лечебных целях, купоросным озером (60 × 80 м). Оно расположено в верховьях сухого русла речки Колпачки. Озеро и выявленные в его окрестностях бурые железняки с медной зеленью, естественно, привлекали внимание и после их длительного и безрезультатного изучения, включая бурение одиночных скважин в 1930–1932 гг., были рекомендованы для дальнейших геофизических исследований. Здесь, в период с 1933 по 1942 гг., с целью выявления аномалий от предполагаемых рудных тел, периодически выполнялись геофизические работы методами интенсивности, естественного поля, термометрии, магнитометрии, ВЭЗ, изолиний [5, 33]. Выявленные аномалии проверялись буровыми работами, вскрывавшими рудную минерализацию. Массивные рудные тела, вероятно, пропускались

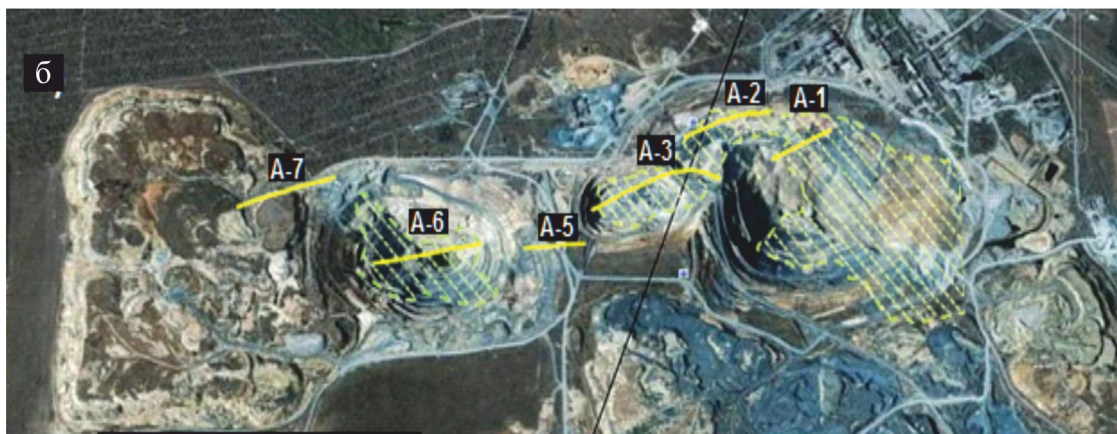
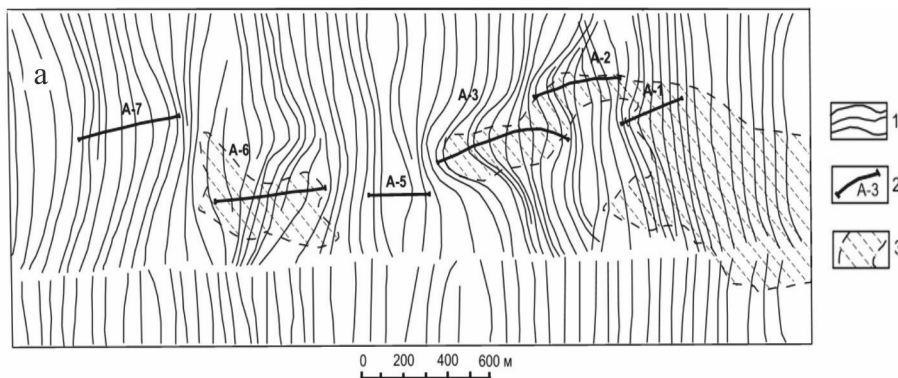


Рис. 4. План результатов работ (а) методом изолиний (по Д.Ф. Уманцеву, 1942 г.) в сопоставлении с положением аномалий в проекциях на карьеры (б) Гайского месторождения.

1 – изолинии потенциала линейных электродов по методу изолиний, 2 – оси аномальных распределений изолиний, 3 – горизонтальные проекции рудных тел месторождений.

Fig. 4. The plan of work results (a) for method of isolines (by D.F. Umantsev, 1942) in comparison with position of anomalies in projections to open-cast mines (б) of Gai deposit.

1 – isolines of potential of linear electrodes on the method of isolines, 2 – axes of abnormal distributions of isolines, 3 – horizontal projections of ore bodies of deposits.

по причине недостаточно точной привязки скважин к контурам аномалий. Наиболее информативными оказались площадные работы методом изолиний с детализацией аномалий методом ВЭЗ, выполненные Д.Ф. Уманцевым в 1942 г. (рис. 4). Этими работами подтверждены ранее зафиксированные аномалии и выделены новые. При изучении рекомендованных к проверке бурением аномалий Гайской ГРП в 1950–1951 гг. были выявлены эродированные, залегающие под покровом рыхлых (дальноприносных и кор выветривания) отложений мощностью до 20–40 м, первое, второе и третье рудные тела будущего месторождения. С некоторым перерывом (1954 г.), уже с учетом данных гидрохимии, была обнаружена пятая залежь (Южно-Гайское месторождение). Эти объекты с 1959 г. вскрываются карьерами № 1 и № 2. В 1984 г. началось строительство, и с 1988 г. в эксплуатацию месторождения включается карьер № 3 на серноколчеданной залежи, фиксируемой аномалией А₃. Заметим, что, исходя из небесспорных гео-

логических представлений на структуру рудного поля, аномалия А₇ признается не перспективной на выявление промышленных рудных тел и закрывается отвалами карьера № 2 (рис. 4б).

С позиций сегодняшнего дня, требуются дополнительные, прежде всего геофизические, исследования с целью определения природы этой аномалии. Таким образом, выявленные геофизиками аномалии оказались связанными с эродированными рудными телами и залежами Гайского месторождения. Они предопределили открытие и оптимизацию разведки месторождения. Вместе с тем, Д.Ф. Уманцев в 1942 г. высказал соображение о бесперспективности площади вблизи купоросного озера, оспоренное впоследствии геофизиком Б.П. Игошиным по структурным соображениям [16]. Эта проблема, как нам представляется, не решена и до настоящего времени.

К 1959 г., в результате интенсивных разведочных работ, Гайское и Южно-Гайское (пятая залежь) месторождения были признаны крупными, подготов-

лены к эксплуатации и на них начато вскрытие рудных тел. Однако, нужно отметить, что разведка проводилась, исходя из принятых концептуальных геологических установок о залегании рудных тел. Эти установки зачастую противоречили данным метода электрической корреляции (МЭК), указавшим на другую связь рудных подсечений, отличную от концептуально принятой геологами. При вскрытии же карьером № 1 рудных тел (1959–1962 гг.) не была получена рудная масса, обозначенная разведкой, не помогало и увеличение темпов вскрышных работ. Так, в 1959 г. при вскрытии выемка пород из карьера достигла 3 вместо 2 млн м³ по плану [33]. Была срочно, с участием ЦНИГРИ и других научных коллективов СССР, организована доразведка и пересчет запасов рудных тел месторождения. В результате существенно изменена морфология и структура рудных тел, но, к счастью для лауреатов Ленинской премии 1959 г. (геологов М.С. Недождогина, В.И. Скрипель, В.И. Ленных, Н.А. Сибирской и В.И. Рудницкого; заметим отсутствие в составе лауреатов геофизиков), не изменившая, а даже нарастившая, общие запасы месторождения. Однако в пересчете на затраты, связанные с неучетом данных МЭК, ущерб от нарушения графика проходки карьера и перераспределения запасов по горизонтам вскрыши рудных тел многократно превысил стоимость всех геологоразведочных работ в Гайском и других районах Южного Урала, проведенных в первый период. На этом примере, в рассмотрении которого принимал участие автор статьи, ГКЗ СССР инструктивно определило необходимость применения МЭК, как обязательный вид работ при разведке и подсчете запасов колчеданных месторождений, и это соблюдается до настоящего времени.

Во второй период в Гайском рудном районе, как и на площадях других районов Южного Урала, выполнены разнообразные геофизические площадные региональные и детальные съемки [32]. Неоднократно проводилось обобщение и переинтерпретация геолого-геофизических данных. Однако до настоящего времени новых месторождений в Гайском районе не выявлено, что в какой-то степени согласуется с существующими представлениями об истощении потенциала недр, локализовавших свой ресурс в относительно локальной структуре. Однако, противостоять такому заключению можно только на основе новых концептуальных теоретически обоснованных построений. Требуется тщательный анализ ситуации, предопределившей Гайский феномен, поиск аналогов наблюдаемых особенностей объекта в других структурах, выявление дополнительных ресурсов и запасов рудного поля рассматриваемого объекта. Эти проблемы – предмет исследований, в том числе с геофизических позиций, в третий период изучения объекта. Заметим, что площадные геофизические съемки в Гайском районе выполнены в соответствии с разрешающими возможностями

аппаратурно-методического обеспечения времени, отвечающему второму периоду исследований. Это было 30–40 лет назад. Очевидна необходимость их реанимации на современном уровне как основы для пересмотра прогнозных ресурсов и запасов медно-колчеданных руд Гайского района.

В процессе обобщения геолого-геофизических материалов, включая Гайский рудный район, нами впервые для Южного Урала было введено понятие “рудный узел в составе геофизической модели организации колчеданной рудной формации” [3, 10, 12]. Применительно к изученной территории рудный узел – это рудоперспективная площадь, приуроченная к области развития продуктов базитового, базит-гипербазитового магматизма вдоль глубинных разломов на их пересечении со скрытыми секущими тектоническими дислокациями. На примере Гайского рудного узла раскрыто содержание этого понятия.

Гайский рудный узел расположен в области пересечения меридиональных структур Урала и секущих дислокаций, нашедших отражение даже в планетарных полях геопотенциала (рис. 5). В региональных гравитационных полях выразительно отмечается зона субширотных тектонических дислокаций, прослеживаемая от Оренбургского вала с одноименным газоконденсатным месторождением в направлении городов Кувандык, Гай и далее в Казахстан [14, 15].

Рудный узел расположен на пересечении этой зоны, проявляемой и в локальных скрытых дислокациях того же простирания (рис. 6), с Ирландским глубинным разломом, выделенным по геофизическим данным [13]. В состав этого разлома включены региональные составляющие магматических проявлений, коррелируемых аномальными отражениями в поле силы тяжести. Прежде всего, это интенсивная аномалия – “Орский супермаксимум”, фиксирующий клин плотных базитовых магматитов с вертикальным размахом в земной коре, уверенно оцениваемым по данным гравиметрии в 15–20 км. На широте Гайского месторождения “супермаксимум” резко замыкается по зоне скрытых субширотных тектонических дислокаций (рис. 6, 7). Далее к северу осевая линия “супермаксимума” прослеживается по оси резко выраженной аномалии силы тяжести, фиксирующей Калиновскую структуру с диабазами и габбро-диабазами в ядре (рис. 8). Заметим, что выходы мелкозернистых диабазов, габбро-диабазов достаточно частое явление вдоль осевой части “супермаксимума”, отождествляемой нами с осью Ирландского глубинного разлома. По геологическим данным габбро-диабазы фиксируют магмовыводящие каналы в составе андезитобазальтов ирландской свиты [33].

Кулисообразно с осевой линией глубинного разлома в остаточных полях силы тяжести фиксируются осевые линии распределения отрицательных аномалий. Западная фиксирует развитие риолитов, дацитов, андезитов и базальтов баймак бурибаев-

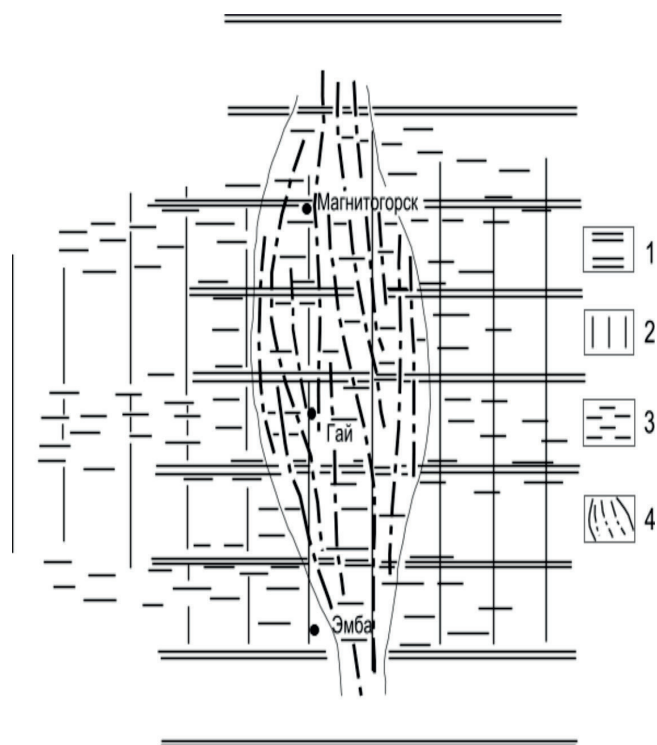


Рис. 5. Схема положения Гайского рудного узла в структурах полей геопотенциала и региональных аномалий силы тяжести.

1 – область Урало-Оманской ступени геопотенциала; 2 – сдвиг ступени геопотенциала, отвечающий перераспределением плотностных неоднородностей на мантийном и литосферном уровнях [15]; 3 – зоны фанерозойских скрытых тектонических дислокаций земной коры, выделяемые по анализу гравитационных полей [13]; 4 – оси распределения палеозойского базитового, базит-гипербазитового магматизма вдоль глубинных и региональных разломов [14] в контуре, где мощность рыхлых мезозойско-кайнозойских отложений преимущественно меньше 50 м (открытый Урал).

Fig. 5. The scheme of position of Gai ore cluster in structures of fields of a geopotential and regional gravity anomalies.

1 – the area of Ural-Oman step of a geopotential; 2 – shift, answering to redistributions of density heterogeneities on mantle and lithosphere levels [15]; 3 – zones of latent Phanerozoic tectonic dislocations of the earth crust, separated by the analysis of gravitational fields [13]; 4 – axes of distribution Paleozoic basic, basic-hyperbasic magmatism along deep and regional faults [12] in a contour where the thickness of unconsolidated of Mesozoic-Cenozoic sediments less than 50 m (open Urals).

ской свиты с локальными центрами вулканических проявлений (Гайская, Круторожинская, Камейкинская и другие структуры). Восточная ось, вероятно, отмечает подобные структуры под покровом вулканомиктовых отложений улутауской свиты. В составе рудного узла крупная Гайская вулканическая структура выходит на эрозионный срез своей апикальной частью (рис. 8).

Своеобразно положение рудного узла по данным пространственного сейсмического зондирования с использованием промышленных взрывов [36]. Ему отвечает куполообразное воздымание отражений от горизонта акустических неоднородностей с отметками от 12 до 6 км в эпицентре узла, где фиксируется отрицательная аномалия остаточных полей силы тяжести (см. рис. 6–8). Она отвечает эродированной части вулканической постройки за счет преобладания в ее разрезе кислых вулканоплутонических образований и мощной колонны метасоматоза в палеогидротермальном рудном поле, вмещающем выявленное месторождение.

К юго-востоку от месторождения в пределах развития вулканогенно-осадочных образований улутауской свиты наблюдается еще два понижения силы тяжести. Не исключено, что они также связаны с вулканоплутоническим центром кислого вулканизма в блоках на глубинах свыше 500–1000 м (рис. 8). Вероятна рудоносность этой прогнозной структуры, а восходящие минерализованные воды, подпитывающие купоросное озеро [16], связаны с этим оруденением, вскрываемым Калиновским разрывным нарушением. Очевидно, что прогнозируемые структуры – предмет для изучения методами сейсморазведки (МОВ, ОГТ, ВСП и др.) и электрических зондирований (ЗМПП, МТЗ) с последующим бурением проверочных скважин.

По данным анализа распределения локальных гравитационных (рис. 7), магнитных и электрических полей в пределах рудного узла отчетливо выделяются линейные структуры. Они являются геофизическими индикаторами разрывных нарушений, которые формируют две сдвинутые на 45 градусов ортогональные системы с единым эпицентром в пределах рудного узла. Наиболее выразительны проявления индикаторов разрывных нарушений по данным гравиметрии, которые достаточно уверенно согласуются и дополняются индикаторами, проявляемыми в магнитных и электрических полях.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОИСКОВ КОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Эти данные совместно с результатами сейсморазведки, включая ПСЗ, НВП (ОГТ), ВСП и дешифрирования космических снимков [17, 33, 36] используются нами для формирования модели рудогенеза. При этом был принят нетрадиционный подход к роли серного перехвата в образовании колонны флюидо-энергетического потока, определившего локализацию крупных скоплений оруденения фемической специализации [21].

Фактический материал, накопленный в процессе изучения колчеданных месторождений Урала, свидетельствует о том, что в процессе эволюции геодинамического режима Уральского подвижного пояса палеогеографические условия формирования рудо-

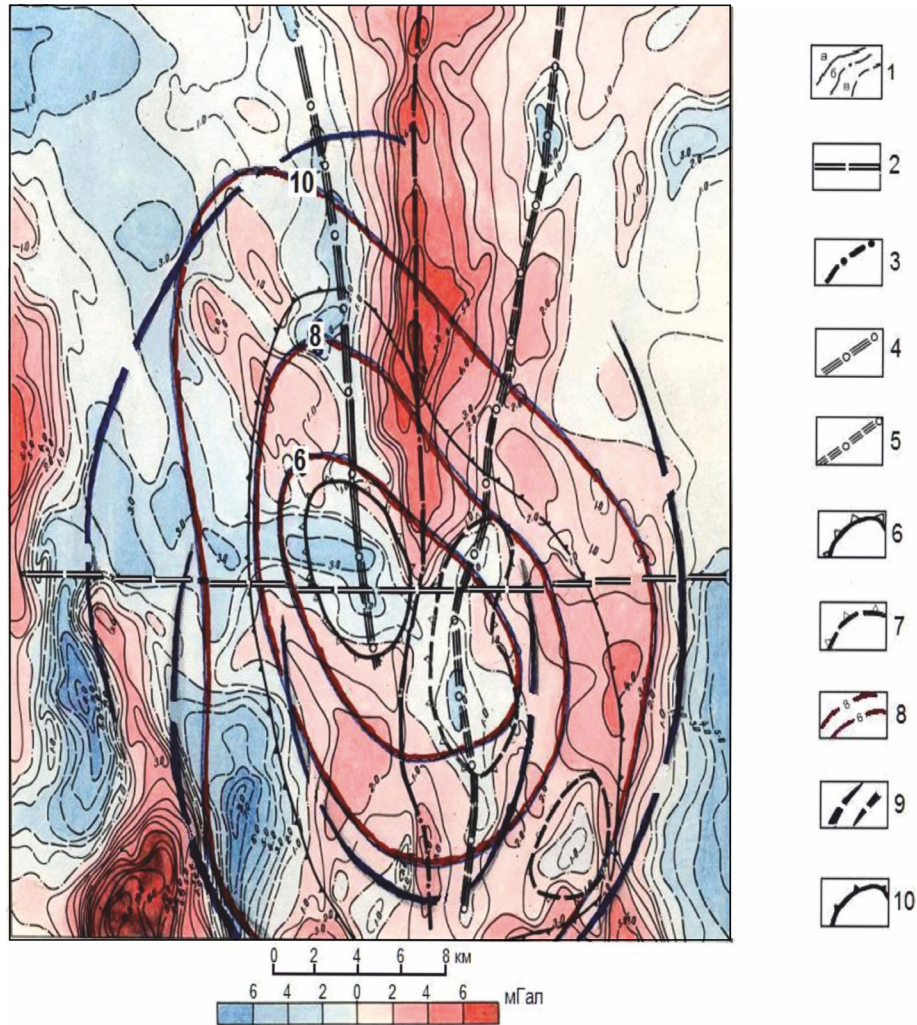


Рис. 6. Структура Гайского рудного узла в остаточных аномалиях силы тяжести (метод вариаций $R = 5$ км, сеть 1000×500 м), в результате дешифрирования космических снимков [17] и данных пространственного сейсмического зондирования [36].

1 – изолинии остаточных аномалий силы тяжести (а – положительные, б – нулевые, в – отрицательные); 2 – осевая линия разграничения блоков земной коры, выделяемая по замыканиям локальных аномалий и изменениям структуры поля, отвечающая скрытым секущим тектоническим дислокациям; 3 – осевая линия интенсивных положительных аномалий, связанных с базитовым магматизмом вдоль Ирэндькского глубинного разлома; 4 – осевая линия отрицательных аномалий остаточных полей силы тяжести, фиксирующих распределение центров вулканических проявлений дифференцированного, преимущественно кислого состава; 5 – осевая линия понижений поля силы тяжести, вероятно, связанная с проявлениями магматитов кислого состава под покровом вулканомиктовых отложений; 6 – отрицательная аномалия силы тяжести, фиксирующая апикальную часть Гайской рудоносной вулканической постройки; 7 – отрицательные аномалии, предположительно, фиксирующие вулканические структуры под покровом вулканомиктовых отложений; 8 – изолинии опорного отражающего горизонта (в км) по данным пространственного сейсмического зондирования; 9 – оси фиксирующие коррелируемые распределения теневого рельефа космических снимков; 10 – условные контуры Гайского рудного узла.

Fig. 6. Structure of Gai ore cluster in residual gravity anomalies (the method of variations $R = 5$ km, a network 1000×500), in results of deciphering of space photos [17] and the data of spatial seismic sounding [36].

1 – isolines of residual anomalies of gravity (a – positive, б – zero, в – negative); 2 – the axial line of differentiation of blocks of the earth crust, separated by shorting of local anomalies and changes of structure of the field, answering to the latent cross tectonic dislocations; 3 – the axial line of the intensive positive anomalies connected with basic along the Irendyk deep fault; 4 – the axial line of negative anomalies of residual gravity fields fixing distribution of volcanic displays centers of differentiated, mainly felsic; 5 – the axial line of falls of gravity field possibly connected with displays of felsic magmatites under the cover of volcanoclastic deposits; 6 – negative gravity anomaly of fixing the apical part of Gai ore-bearing volcanic construction; 7 – negative anomalies presumably fixing volcanic structures under the cover of volcanoclastic deposits; 8 – isolines of basic reflecting horizon (in km) according to spatial seismic sounding; 9 – axes fixing correlated distributions of a shadow relief of space pictures; 10 – conditional contours of Gai ore cluster.

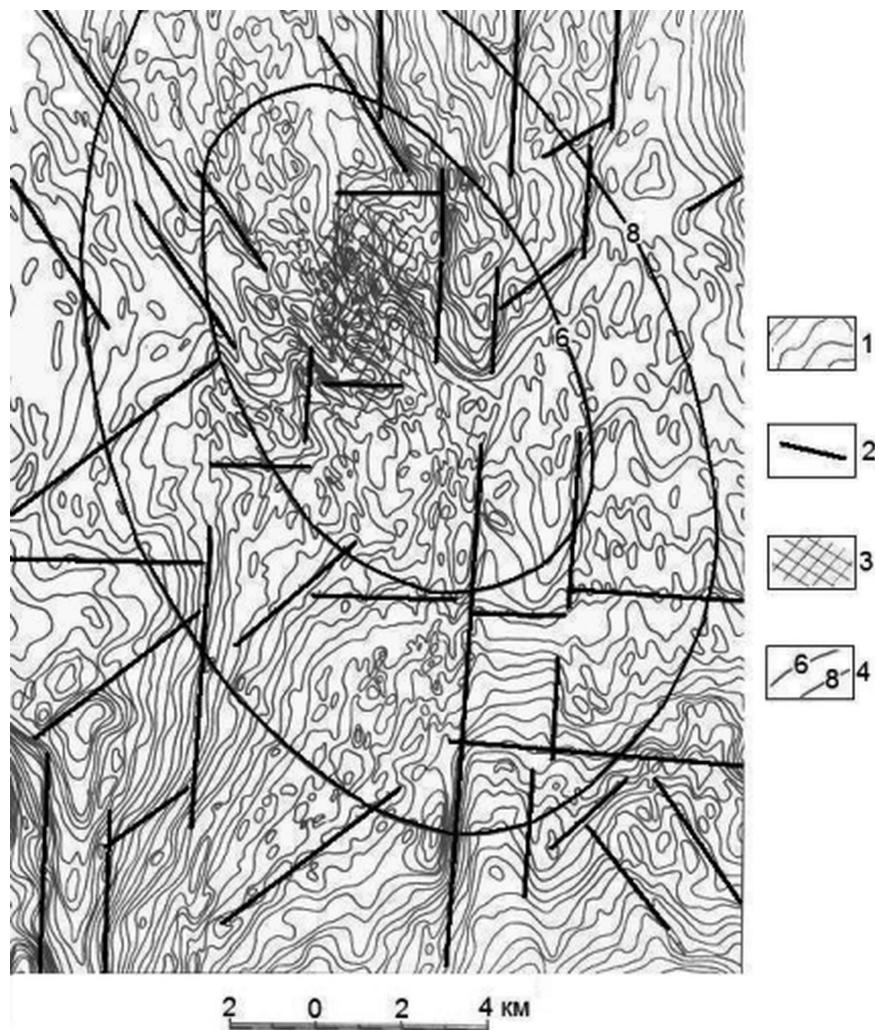


Рис. 7. Индикаторы структуры разрывов в гравитационных полях Гайского рудного узла.

1 – изоаномалы силы тяжести (редукция Буге – 2.7 г/см^3 , сеть – 250×100 (50), ГАК-3, ГАК-3М, Орская геофизическая экспедиция, 1958–1968 гг.); 2 – индикаторы: прямолинейные ступенеобразные границы гравитационного поля, отвечающие предполагаемым ортогональным разрывам; 3 – положение рудного поля Гайского месторождения; 4 – изолинии (в км) поверхности опорного отражающего горизонта [36] при наблюдениях методом пространственного зондирования (ПСЗ).

Fig. 7. Indicators of structure of ruptures in gravity fields of Gai ore cluster.

1 – gravity isoanomalous (the reduction Buguer – 2.7 g/sm^3 , the network – 250×100 (50), GAK-3, GAK-3M, Orsk geophysical expedition, 1958–1968); 2 – indicators: rectilinear step-boundary gravity field answering to prospective orthogonal ruptures; 3 – position of an ore field of Gai deposit; 4 – isolines (in km) surfaces of basic reflecting horizon [36] at supervision by spatial sounding (PSZ).

носных формаций претерпевали закономерные изменения [25–27] от условий мелководных морей к глубоководным бассейнам и, далее, через подводные вулканические пояса к островодужным обстановкам. При этом закономерно менялся тип рудных формаций: от колчеданно-полиметаллической к медноколчеданной, затем к медно-цинково-колчеданной и, далее, к барит-полиметаллической. По нашему мнению, во взглядах на образование колчеданных руд Урала на протяжении последних десятилетий практически безраздельно господствует точка зрения об их образовании на поверхности дна

водных бассейнов в связи с деятельностью малоглубинных магматических очагов [24, 26]. Эта парадигма обусловила использование в решении поисковых и разведочных задач представлений о рудных горизонтах. Однако использовавшаяся в последние десятилетия генетическая модель лишь иллюстрирует частный случай колчеданного рудообразования, а ее абсолютизация методологически ошибочна, так как ведет к пропуску субвертикальных колчеданных объектов метасоматического генезиса.

Нетрудно показать [22], что сульфидообразование в придонных гидротермальных полях по типу

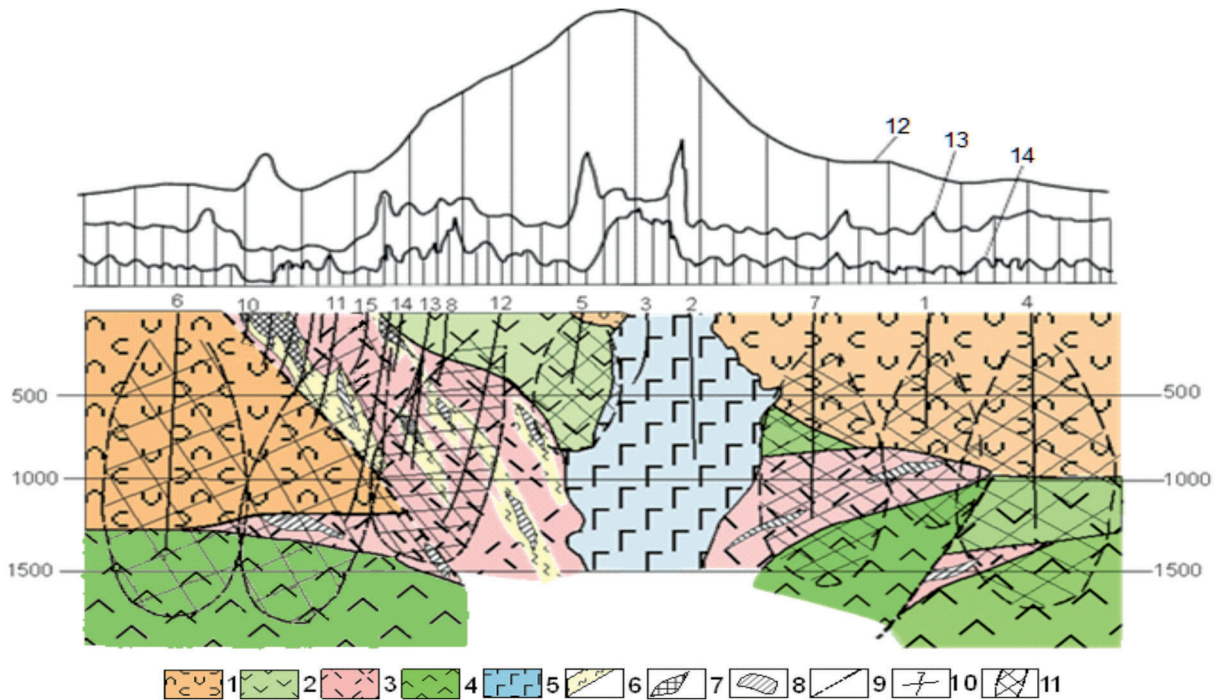


Рис. 8. Схематический геолого-геофизический разрез (модель) по широтному пересечению Гайского рудного узла [6] в поясе Ирэндыкского глубинного разлома [13].

1 – вулканогенно-осадочные образования непродуктивной формации; 2 – надрудная андезит-базальтовая толща; 3 – рудовмещающая липарит-дацит-андезит-базальтовая толща (образования рудовмещающей палеовулканической структуры); 4 – подрудная базальтовая толща; 5 – диабазы, габбро-диабазы; 6 – окolorудные гидротермально измененные породы; 7 – разведанные рудные тела; 8 – прогнозные – не выявленные или пропущенные при поисках и разведке рудные тела; 9 – главные разрывные нарушения; 10 – скважины и условные номера; 11 – области структур, доступные для изучения с использованием скважинной сейсморазведки и электроразведки; 12 – кривая аномалии силы тяжести (Буге, 2.67 г/см³); 13 – кривая вертикальной составляющей магнитного поля; 14 – кривая кажущихся электрических сопротивлений по данным симметричного электропрофилирования (СЭП, АВ = 1000 м).

Fig. 8. Schematic geology-geophysical section (model) on latitudinal cross section of Gai ore cluster [3] in the belt of the Irendyk deep fault [13].

1 – volcanogenic-sedimentary deposits of the unproductive formation; 2 – over-ore andesite-basalt strata; 3 – ore-bearing liparite-dacite-andezite-basalt strata (formations of ore-including paleovolcanic structures); 4 – under-ore basalt stratum; 5 – diabases, gabbro-diabases; 6 – hydrothermally altered wallrocks; 7 – proven ore bodies; 8 – look-ahead – not revealed or passed by searches and investigation ore bodies; 9 – major faults; 10 – wells and their conditional numbers; 11 – the areas of structures accessible to studying with use borehole seismic and electric; 12 – the curve of gravity anomaly (Buguer, 2.67 g/sm³); 13 – the curve of a vertical component of magnetic field; 14 – the curve of apparent resistivity according to symmetric electroprofiling (SEP, AB = 1000 m).

“черных курильщиков” наиболее характерно для глубоководных условий дна океанических водных бассейнов, т.е. там, где они реально и наблюдаются. В условиях островных дуг значение гидротермальных полей как рудных температурных ловушек все более уменьшается вплоть до полного исчезновения в условиях мелководья и субаэральных условиях, где при выходе гидротерм на поверхность наблюдаются отложения самородной серы, переходящие с глубиной в сульфидные отложения. С другой стороны, по мере уменьшения мощности перекрывающей водной толщи возрастает значение метасоматического процесса в формировании колчеданных месторождений. Одновременно, как следует из приведенных выше диаграмм, уменьшается и

температура сульфидного рудообразования, что является одним из наиболее существенных факторов, определяющих устойчивость рудных минеральных ассоциаций, и, в конечном счете, обуславливающих закономерную смену рудных формаций в течение геодинамического цикла.

Данная концепция находит подтверждение при анализе генезиса Гайского месторождения. В частности, последними исследованиями [21] показано, что образование серно-селеновых отложений в разрезе измененных пород произошло в субаэральных условиях на углекислотной (мофетной) стадии затухания газо-гидротермального процесса, обусловившего образование всего месторождения. При этом мощность перекрывающих серно-селеновые

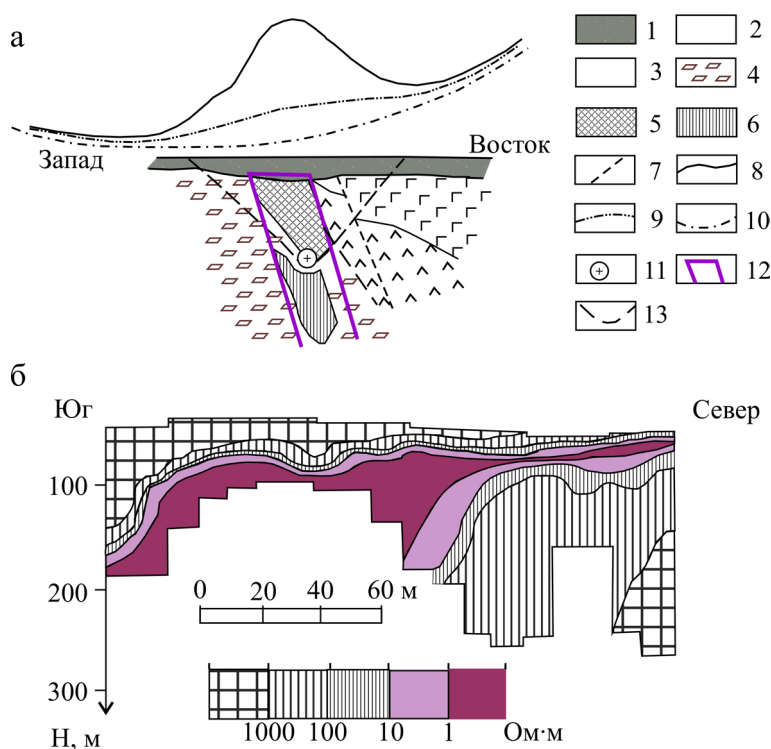


Рис. 9. Схематический геологический и геоплотностной разрез по профилю 43 (а) и геоэлектрический разрез (б) на дне карьера № 2 по данным электрического зондирования (ЗМПП) с наблюдениями автономной рамкой в генераторной петле.

1 – рыхлые дальнепринесенные отложения и коры выветривания, 2, 3 – вулканогенные породы: 2 – базальты и андезит-базальты, 3 – дациты и липарит-дациты; 4 – гидротермально измененные породы; 5, 6 – рудные залежи: 5 – известные, 6 – предполагаемые; 7 – разрывные нарушения; 8–9 – наблюдаемая кривая поля силы тяжести, исправленная по решению прямой задачи за влияние: 8 рыхлых отложений, 9 – известных рудных тел и рыхлых отложений; 10 – кривая регионального фона поля силы тяжести, выделенного графически; 11–12 – результаты количественной интерпретации аномалии над пятой залежью Гайского месторождения при графически выделенном региональном фоне: 11 – центр тяжести возмущающих масс, 12 – сечение наклонной призмы, объясняющей выделенную аномалию; 13 – контур карьера после отработки залежи (глубина до подошвы закрытого в 2003 г. карьера порядка 380 м от дневной поверхности, см. рис. 10).

Fig. 9. The schematic geological and geo-density cross section on the profile 43 (a) and a geo-electric cross section (б) at the bottom quarry № 2 according to electric sounding (ZMPP) with supervision by an independent framework in a generator loop.

1 – allochthonous deposits and weathering crust; 2, 3 – volcanic rocks: 2 – basalt and andesite-basalt, 3 – dacite, liparite-dacite; 4 – hydrothermal rocks; 5, 6 – ore deposits: 5 – known, 6 – assumed; 7 – faults; 8, 9 – observed curves of gravity field corrected under the decision of a direct problem for influence of: 8 – unconsolidated sediments, 9 – known ore bodies and unconsolidated sediments; 10 – curve of a regional background of gravity field separated graphically; 11, 12 – results of quantitative interpretation of anomaly over the fifth seam of Gai deposit at graphically separated regional background: 11 – the centre of gravity of disturbing masses, 12 – section of the inclined prism explaining separated anomaly; 13 – the contour of an open-cast mine after deposit working off (depth to a sole of the quarry closed in 2003 is 380 m from a day surface, see fig. 10).

отложения пород под воздействием поверхностной эрозии, судя по всему, изменилась незначительно. Естественно, что эти выводы никоим образом не могут быть распространены на условия формирования месторождения в целом, однако метасоматический фактор в характере его генезиса имеет существенное или определяющее значение.

Из данной генетической концепции следует, что поисковые работы, ориентированные на площадное разбуривание, чрезвычайно затратны, методологически ошибочны и малоэффективны для поис-

ка субвертикальных метасоматических рудных тел с малым радиусом в субгоризонтальном сечении.

ПРОГНОЗНЫЕ РУДНЫЕ ПОЛЯ

Такое объяснение всего геолого-геофизического материала позволяет выделять в Гайском рудном районе новые прогнозные рудные поля и уточнять структуру известных объектов. Так, в предлагаемую модель укладывается рудное поле известного месторождения и прогнозная структура, отме-

ченная выше. Согласуется с предлагаемой моделью и подход к наращиванию запасов в горном отводе Гайского ГОКа за счет выявления новых рудных тел на флангах и глубоких горизонтах месторождения – стратегическая перспектива, успешно реализуемая в процессе разработки объекта.

В настоящее время таким, вероятно, первоочередным объектом являются глубокие горизонты пятой залежи. Здесь по количественной интерпретации гравитационной аномалии, выделенной еще до заложения карьера № 2, был сделан расчет распределения аномалия образующих масс – рудных тел залежи (рис. 9). Их центр тяжести расположен в основании разведанной залежи. В 2003 г. карьер был закрыт на отметке центра тяжести предполагаемого гравитирующего объекта (рис. 10). На его дне остались невыработанные рудные тела в области пространства, далеко не полностью изученного в период разведки месторождения. Выполненные нами на дне карьера экспериментальные наблюдения с использованием импульсной электроразведки (ЗМПП) зафиксировали переходные процессы необычно высокой интенсивности и длительности. Очевидно, что глубокие горизонты со стороны основания карьера требуют первоочередной проверки. Ресурсы этого пространства сопоставимы с объемом рудной массы, отработанной за последние 40 лет карьером (около 25–35 млн т). В пределах карьера целесообразны специализированные наблюдения с использованием современных возможностей гравиметрии, электрометрии и сейсморазведки с последующей, с учетом интерпретации полученных данных, проходкой скважин глубиной 500–800 м.

Таким образом, Гайский рудный узел расположен в структурах своеобразно (аномально) проявленных на глобальном, региональном и локальном уровнях организации физических полей. Эти характеристики полей могут и должны привлекаться при выявлении подобных структур на Урале и в других провинциях и учитываться при оценке прогнозных ресурсов рудных районов. Перспективы наращивания ресурсов Гайского рудного узла и совершенствование запасов уникального месторождения в его пределах связаны с дальнейшим изучением района и, прежде всего, с:

- необходимостью пересъемок и переинтерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей Гайского рудного района на современном уровне аппаратно-методического обеспечения;
- изучением прогнозных рудоносных структур, предположительно фиксируемых отрицательными аномалиями силы тяжести к юго-юго-востоку от Гайского месторождения;
- изучением и проверкой участка аномалии А₇, выявленного с применением метода изолиний 1942 года;
- оценкой глубоких горизонтов под карьером № 2 пятой залежи месторождения.



Рис. 10. Западный борт карьера № 2 и его подошва с положением центра тяжести (ЦТ) объекта и профиля (Юг – Север) наблюдений ЗМПП автономным датчиком в поле генераторной петли.

Снимок в процессе выполнения работ ЗМПП – видна рабочая бригада.

Fig. 10. Western board of open-cast mine № 2 and its sole with position of gravity centre of object (ЦТ) and a profile (South–North) supervision ZMPP by the independent gauge in the transmitter loop.

Picture during the works ZMPP – the working team is visible.

ВЫВОДЫ

В заключение хотелось бы с учетом происходящей в настоящее время реанимации поисковой службы обратить внимание на нижеследующее.

1. Оптимизация поисков колчеданных месторождений на Урале и в провинциях сходного строения должна исходить из объективно существующих 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 масштаба 1 : 2 000–1 : 5 000, а каждая последующая скважина на аномалии задается с учетом результатов работ (включая ГИС) на предыдущей.

3. Выявление мелких, в том числе неглубоко залегающих месторождений (рудных тел) еще только начинается. Их экспрессное вовлечение в карьерную отработку приносит, вероятнее всего, экологический ущерб несравнимо больший прибылей частных компаний обрабатывающих объекты.

4. Сопоставление затрат на поиски и изучение при открытии рудопроявлений (включая мелкие месторождения) на порядки выше чем это происходило при открытии крупных (включая Гайское) месторождений. Причина одна – крупное месторождение не является на протяжении всей истории поисков на Урале специализированным предметом поисков. В итоге для бизнеса приоритетными становятся “нетрадиционные” медно-порфиновые месторождения. “Но оправдано ли это?” с позиций “принципа оптимальной минимизации” [20, стр. 22].

5. Выявление крупных месторождений на глубинах до 300–500 м является главной стратегически, экологически и экономически оправданной наукоемкой целью геологоразведочного процесса. Ее успешное достижение предопределено высоким уровнем предыдущей изученности рудных районов Уральского региона, созданными технологиями прогнозирования и поисков, прогрессом аппаратно-методической обеспеченности геофизических исследований. При условии формирования и реализации специализированных наукоемких программ, настроенных не на затратные, а на целевые подходы изучения недр.

Работа выполнена при частичной поддержке по проекту № 12-И-5-2060 Программы инициативных проектов УрО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушарина С.В., Виноградов А.М., Угрюмов И.А., Фомин Т.Л. Левобережное медно-колчеданное месторождение (геофизический аспект) // Уральский геофизический вестник. 2009. № 2. С. 8–17.
2. Великин А.Б., Булгаков Ю.И., Шерешевский С.Н. и др. Измерительно-информационная система импульсной электроразведки // Геофизическая аппаратура. Вып. 100. 1996. С. 38–50.
3. Виноградов А.М. Прогнозирование и поиск колчеданных месторождений на Южном Урале: Обзор ВИЭМС. Сер. Регион. разведка и промысл. геофизика. М.: ВИЭМС, 1980. 40 с.
4. Виноградов А.М. Геополья и колчеданы Южного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 186 с.
5. Виноградов А.М. Геофизические поля и положение уникального медно-цинкового колчеданного месторождения в структуре Гайского рудного узла // Уральский геофизический вестник. 2010. № 2. С. 17–24.
6. Виноградов А.М. Геофизическая модель колчеданной формации в общем алгоритме интерпретации геополья (на примере Южного Урала) // Геодинамика, рудные месторождения и глубинное строение литосферы: мат-лы XV Чтений памяти А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. С. 39–41.
7. Виноградов А.М. Факторы и критерии геолого-геофизического обеспечения поисков крупных колчеданных месторождений на Урале // Колчеданные месторождения – геология, поиски, добыча и переработка руд: мат-лы Всероссийской научной конференции (V чтения памяти С.Н.Иванова). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2013. С. 25–27.
8. Виноградов А.М., Масленников В.В. Наукоемкое обеспечение поисков крупных колчеданных месторождений на Южном Урале // Геодинамика, рудные месторождения и глубинное строение литосферы: мат-лы XV Чтений памяти А.Н. Заварицкого. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. С. 42–44.
9. Виноградов А.М., Начапкин Н.И., Угрюмов И.А. Экспрессные поиски крупных колчеданных месторождений в пределах Южно-Уральского центра экономического роста России на период до 2020 г. (рекомендации по направлению работ). Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 48 с.
10. Виноградов А.М., Прозоров В.И., Виноградова В.Н., Хрусталева И.С. Прогнозирование и поиски колчеданных месторождений на Южном Урале (по геофизическим данным) // Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Л., 1971. С. 279–281.
11. Виноградов А.М., Фомин Т.Л., Крутин И.В. Метод переходных процессов – опыт применения и перспективы развития // Урал. геофизич. вестник. № 6. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. С. 16–23.
12. Виноградов А.М., Ярош А.Я. Широкая тектоническая зональность и ее связь с металлогенией (на примере Южного Урала) // Тр. Свердловского горного института. Вопросы разведочной геофизики. Вып. 75. 1971. С. 3–9.
13. Виноградов А.М., Ярош А.Я. Строение структурно-формационных зон Южного Урала и развитие глубинных разломов земной коры // Тр. Свердловского горного института. Разведочная геофизика. Вып. 83. 1972. С. 8–25.
14. Виноградов А.М., Ярош А.Я. Закономерности размещения колчеданного оруденения на Южном Урале и их использование при прогнозировании и поисках месторождений // Тр. Свердловского горного института. Вопросы разведочной геофизики. Вып. 107. 1975. С. 37–45.
15. Золоев К.К., Додин Д.А., Коротеев В.А., Кривко Т.Н. Минерогения Уральского складчатого пояса и флюидная сульфидизация мантийных углеводородов Западно-Сибирского осадочного бассейна и его плитного основания // Литосфера. 2012. № 4. С. 173–189.
16. Игошин Б.А. К вопросу о природе образования Гайского купоросного озера на Южном Урале // Советская геология. 1966. № 10. С. 121–1130.

17. *Косарев А.М.* Линейные и кольцевые структуры Южного Урала, выявленные при дешифрировании космических снимков, и их рудоконтролирующее значение // Палеовулканические условия образования и размещения колчеданных месторождений Урала. Уфа: БФАН СССР, 1985. С. 36–43.
18. *Косыгин Ю.А.* Тектоника. М.: Недра, 1988. 462 с.
19. *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.
20. *Ледовских А.А.* Итоги работы Федерального агентства по недропользованию в 2008 году и задачи на 2009 год // Разведка и охрана недр. 2008. № 4. С. 1–22.
21. *Мальшев А.И.* Сера в магматическом рудообразовании. Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2004. 189 с.
22. *Мальшев А.И.* Особенности колчеданного рудообразования в субмаринных условиях разной глубинности // Докл. АН. 2007. Т. 414. № 6. С. 805–809.
23. *Мальшев А.И.* К вопросу о генезисе зоны окисления Гайского медноколчеданного месторождения // Ежегодник-2010. Тр. Института геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого. Вып. 158. 2011. С. 164–168.
24. *Масленников В.В.* Седиментогенез, гальмиролиз и экология колчеданосных палеогидротермальных полей. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. 348 с.
25. Медноколчеданные месторождения Урала: Геологические условия размещения формирования / Под ред. В.И. Смирнова. Екатеринбург: УрО АН СССР, 1985. 288 с.
26. Медноколчеданные месторождения Урала: Геологическое строение / Под ред. В.И. Смирнова. Екатеринбург: УрО АН СССР, 1988. 241 с.
27. Медноколчеданные месторождения Урала: Условия формирования / Под ред. С.Н. Иванова и В.А. Прокина. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. 307 с.
28. *Меньшиков Ю.П., Никишева Г.Н., Щербухова С.В.* Сейсмические исследования в рудных районах Оренбуржья // Физические поля на медноколчеданных и железорудных месторождениях Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. С. 20–25.
29. Отчет Гос. заказа по объекту № 102-14 “Поиски медноколчеданных руд масштаба 1 : 50 000–1 : 10 000 в Александринском рудном районе (Челябинская область) в 2005–2008 годах”. Российский геолфонд (г. Москва), ФГУ ТФИ Челябинской обл. (г. Челябинск), лист N-40-XXIV.
30. Первооткрыватели отечественных месторождений // Отечественная геология. 2002. № 5-6. С. 63–92.
31. *Попов В.В., Сафонов Ю.Г.* Проблемы развития и эффективного использования минерально-сырьевой базы России. М.: ИГЕМ РАН, 2003. 202 с.
32. *Потапенко Б.П.* Минерально-сырьевая база – твердые полезные ископаемые Оренбургской области и перспективы ее развития // Отечественная геология. 1996. № 6. С. 12–17.
33. *Прокин В.А., Буслев Ф.П., Виноградов А.М., Молошаг В.П., Кузнецов С.И.* Гайский ГОК: геология Гайского и Подольского медно-цинковых колчеданных месторождений на Урале. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. 148 с.
34. *Прокин В.А., Серавкин И.Б., Виноградов А.М.* Геологические условия размещения и перспективы выявления крупных медноколчеданных месторождений на Урале // Литосфера. 2011. № 6. С. 123–133.
35. *Сидоров В.А., Скурихин А.Д.* О возможности однопетлевого метода переходных процессов с большими петлями при поисках колчеданных месторождений // Разведка и охрана недр. 1967. № 4. С. 42–47.
36. *Халевин Н.И., Виноградов А.М.* О структуре земной коры района Гайского медно-колчеданного месторождения // Строение и развитие земной коры и структур рудных полей Урала по геофизическим данным. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976. С. 24–28.

Рецензент А.М. Косарев

Factors and criteria of the forecast, direction and technique of searches large pyrite deposits in the Urals

© 2014 г. **A. M. Vinogradov***, **A. I. Malyshev****

**Urals State Mining University*

***Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

The review of factors and the criteria, opening the laws of distribution of sites with a storm sulphidic mineralization in the Urals is resulted. It is shown that created theoretically and experimentally well-founded geologygeophysical technologies of forecasting and searches of major fields of pyrite formations on depths up to 300–500 m, by “a principle of optimum minimisation” of expenses, provide priorities of formation of resources and stocks of “traditional” pyrite ores in balance of mineral raw materials of copper manufacture. On the example of Levoberezhnoje deposit in Terensai-Dombarovka ore-bearing zone and the ore cluster containing the Gai deposit, the features and preconditions of a successful solution of formation Southern Ural (Cu, Au) perspective centre of economic growth of Russia for the period till 2020 are shown.

Key words: pyrites, geofields, criteria, analogies, the forecast, searches, technologies, major fields, ore occurrences, optimality.