УДК 550.553(470.5.837)

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И ПОЛОЖЕНИЕ УНИКАЛЬНОГО МЕДНО-ЦИНКОВОГО КОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СТРУКТУРЕ ГАЙСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Виноградов А.М. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Приводится краткий обзор и обобщение результатов работ, в которых рассмотрены и проанализированы основные особенности распределения геофизических полей в районе Гайского рудного узла, вмещающего уникальное медно-цинковое колчеданное месторождение. Показаны перспективы совершенствования ресурсов и запасов этих объектов и целесообразность проведения для этого геофизических наблюдений в горном отводе Гайского ГОКа и на прилегающих площадях с использованием современных технических и методических средств.

Рудный узел, уникальное месторождение, геофизические исследования, совершенствование ресурсов, наращивание запасов.

GEOPHYSICAL FIELDS AND LOCATION OF THE UNIQUE COPPER-ZINC PYRITE DEPOSIT IN THE STRUCTURE OF THE GAY ORE CLUSTER

Vinogragov A.M. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. It is provided a brief review and summarizing of results, where had been considered and analyzed the main peculiarities of geophysical fields distribution in the region of GAY ore fields, which includes the unique Copper-Zink pyrite deposit. It had been showed new prospects of defining resources and reserves of such objects and advisability of geophysical observations providing in the mining lease of the GAY area and on its adjacent areas with use modern technical and methodical tools.

Ore cluster, unique deposit, geophysical research, prospects of resources, increase of reserves.

Введение

Гайский рудный узел включает самое крупное на Урале и одно из крупнейших в мире медно-цинковое колчеданное месторождение. Цель статьи – провести обзор изученности и раскрыть некоторые основные особенности и своеобразие распределения региональных и локальных геофизических полей, в связи с чем обсудить ресурсы и перспективы наращивания запасов руд обозначенных уникальных объектов.

Этапы изучения и поисков месторождений

В истории геофизических исследований рудного узла и одноименного месторождения можно выделить три периода: первый – до 1958–1960 гг., второй – до 1975–1980 гг. и последний – до настоящего времени. Сложилось так, что автор статьи эпизодически принимал участие в геофизических исследованиях описываемых объектов в каждый период и поэтому имеет свою сложившуюся позицию при освещении этого вопроса, вероятно, не лишенную субъективных оценок.

Открытие Гайского месторождения связано с известным с доисторических времен, используемым в лечебных целях, купоросным озером (60х80 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 в 1930–1932 гг. бурение одиночных скважин, 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 (Виноградов, 2004; Прокин и др., 2004). Выявленные

аномалии проверялись буровыми работами, вскрывавшими минерализацию. Массивные рудные тела, вероятно, пропускались по причине недостаточно точной привязки скважин к контурам аномалий. Наиболее информативными оказались площадные работы методом изолиний с детализацией аномалий методом ВЭЗ, выполненные Д.Ф. Уманцев в 1942 году (рис. 1а, цветная вкладка). Этими работами (Прокин и др., 2004) 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 года вскрываются карьерами № 1 и № 2. В 1984 году началось строительство, и с 1988 года в эксплуатацию месторождения включается карьер № 3 на серноколчеданной залеже, фиксируемой аномалией A_3. Заметим, что, исходя из небесспорных геологических представлений на структуру рудного поля, аномалия A_7 признана не перспективной на выявление промышленных рудных тел и закрывается отвалами карьера № 2 (рис. 1б, цветная вкладка).

С позиций сегодняшнего дня требуются дополнительные, прежде всего геофизические, исследования с целью определения природы этой аномалии. Таким образом, выявленные геофизиками аномалии оказались связаны с эродированными рудными телами и залежами Гайского месторождения. Они предопределили открытие и оптимизацию разведки месторождения. Вместе с тем Д.Ф. Уманцев в 1942 году высказал соображение о бесперспективности площади вблизи купоросного озера, оспоренное впоследствии геофизиком Б.П. Игошиным из структурных соображений (Игошин, 1961). Эта проблема, как нам представляется, не решена и до настоящего времени.

К 1959 году, в результате интенсивных разведочных работ, Гайское и Южно-Гайское (пятая залежь) месторождения были признаны крупными, подготовлены 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), показавшие 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 году при вскрытии выемка пород из карьера достигла 3 вместо 2 млн $м^3$ по плану (Прокин и др., 2004). Была срочно, с участием ЦНИИГРИ 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 года (геологов М.С. Недожогина, 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 (Виноградов, 1966). 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. Противостоять такому заключению можно только на основе новых концептуальных теоретически обоснованных построений. Требуется тщательный анализ ситуации, предопределившей Гайский феномен, поиск аналогов наблюдаемым особенностям 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, отвечающем второму периоду исследований. Это было 30–40 лет назад. Очевидна необходимость их реанимации на современном уровне, как основа для пересмотра прогнозных ресурсов и запасов медно-колчеданных руд Гайского района.

Положение и структура рудного узла

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» (Виноградов и др., 1971; Виноградов, 1980). Применительно к изученной территории рудный узел – это рудоперспективная площадь, приуроченная к развитию продуктов базитового, базит-гипербазитового магматизма вдоль глубинных разломов на их пересечении со скрытыми секущими тектоническими дислокациями. На примере Гайского рудного узла раскроем содержание этой категории.

Гайский рудный узел расположен в области пересечения меридиональных структур Урала и секущих дислокаций, нашедших отражение даже в планетарных полях геопотенциала (рис. 2). 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 (Виноградов, Ярош, 1971).

Рудный узел расположен на пересечении этой зоны, проявляемой и в локальных скрытых дислокациях того же простирания (рис. 3, цветная вкладка), с Ирендыкским

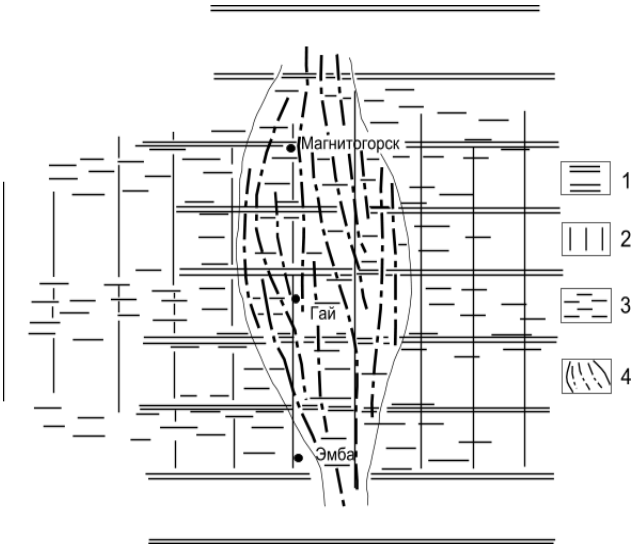

Рис. 2. Схема положения Гайского рудного узла в структурах полей геопотенциала и региональных аномалий силы тяжести: 1 – область Урало-Оманской ступени геопотенциала и её сдвига (2), отвечающие перераспределениям плотностных неоднородностей на мантийном и литосферном уровнях (Песковский, 1992); 3 – зоны фанерозойских скрытых тектонических дислокаций земной коры, выделяемые по анализу гравитационных полей (Виноградов, Ярош, 1971; Виноградов, Малышев, Бушарина, 2008); 4 – оси распределения палеозойского базитового, базит-гипербазитового магматизма вдоль глубинных и региональных разломов (Виноградов, Ярош, 1972) в контуре, где мощность рыхлых мезозойско-кайнозойских отложений преимущественно меньше 50 м (открытый Урал)

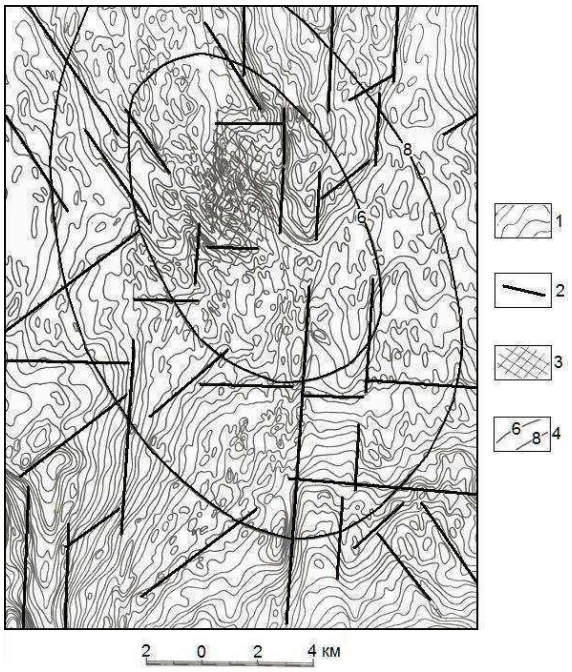

Рис. 4. Индикаторы структуры разрывов в гравитационных полях Гайского рудного узла:
1 – изоаномалы силы тяжести (редукция Буге – 2,67 г/см^3, сеть – 250x100(50) м, ГАК-3, ГАК-3М, Орская геофизическая экспедиция, 1958–1968 гг.); 2 – индикаторы: прямолинейные резкостные границы поля ортогональных разрывов; 3 – положение рудного поля Гайского месторождения; 4 – изолинии (в км) поверхности опорного отражающего горизонта при наблюдениях ПСЗ (Халевин, Виноградов, 1976)

глубинным разломом, выделенным по геофизическим данным (Виноградов, Ярош, 1972). 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. 3, 4). Далее к северу осевая линия «супермаксимума» прослеживается по оси резко выраженной аномалии силы тяжести, фиксирующей Калиновскую структуры с диабазами, габбро-диабазами в её ядре (рис. 5, 3). Заметим, что выходы мелкозернистых диабазов, габбро-диабазов достаточно частое явление вдоль осевой части «супермаксимума», отождествляемой нами с осью Ирендыкского глубинного разлома. По геологическим данным габбро-диабазы фиксируют магмовыводящие каналы в составе андезитобазальтов ирендыкской свиты (Прокин и др., 2004).

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 бурибаевской свиты с локальными центрами вулканических проявлений (Гайская, Круторожинская, Камейкинская и другие структуры). Восточная ось, вероятно, отмечает подобные структуры под покровом

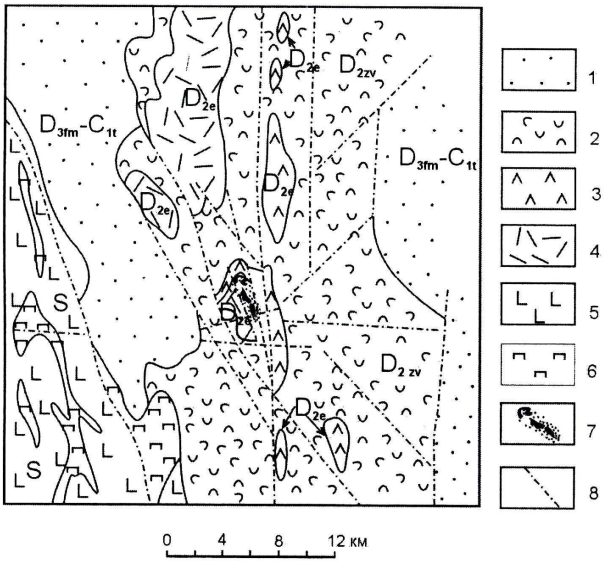

Рис. 5. Схематическая геологическая карта Гайского рудного района (Прокин и др., 2004): 1 – граувакковые песчаники зилаирской свиты; 2 – вулканомиктовые отложения улутауской свиты; 3 – андезитобазальты ирендыкской свиты; 4 – риолиты, дациты, андезиты и базальты баймак-бурибаевской свиты; 5 – спилиты, базальты, кремнистые сланцы, алевролиты сакмарской свиты; 6 – серпентиниты; 7 – серицит кварцевые и серицит-хлорит-кварцевые метасоматиты с вкрапленностью сульфидов и колчеданными залежами (черное); 8 – разрывные нарушения

вулканомиктовых отложений улутауской свиты (рис. 3, 6). В составе рудного узла крупная Гайская вулканическая структура выходит на эрозионный срез своей апикальной частью.

Своеобразно положение рудного узла по данным пространственного сейсмического зондирования с использованием промышленных взрывов (Халевин, Виноградов, 1976). 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 (рис. 5, 3, 6). Она отвечает эродированной части вулканической постройки за счет преобладания в её разрезе кислых вулканоплутонических образований и мощной колонны метасомотоза в палеогидротермальном рудном поле, вмещающем выявленное месторождение.

Перспективы поисков и разведки месторождений

К юго-востоку от месторождения в пределах развития вулканогенно-осадочных образований улутауской свиты наблюдается ещё два понижения силы тяжести (рис. 3, цветная вкладка). Не исключено, что они так же связаны вулканоплутоническим центром кислого вулканизма в блоках на глубинах свыше 500–1000 м (рис. 6). Вероятна рудоносность этой прогнозной структуры, а восходящие минерализованные воды, подпитывающие купоросное озеро (Игошин, 1961), 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 (м-б 1:10000–1:25000) гравитационных (рис. 4), магнитных и электрических полей в пределах рудного узла отчетливо выделяются линеаментные 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.

Эти данные совместно с результатами сейсморазведки, включая ПСЗ, НВП (ОГТ), ВСП и дешифрирования космических снимков (Халевин, Виноградов, 1976; Ленский, Виноградов, 1980; Косарев, 1985), 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 (Малышев, 2004). Последние формируются на PT (давление, температура) барьерах, отмечаемых по данным сейсморазведки в виде купольных акустических неоднородностей, воздымаемых к поверхности на фоне слоисто-неоднородного строения верхней части земной коры (Малышев, Виноградов, 2007). Дискретность этих структур учащается в верхних горизонтах земной коры и объясняет наблюдаемую ярусность рудных полей при совмещении магматогенных, гидротермально-метасоматических и осадочно-гидротермальных рудовмещающих структур, включая формируемых в мелководных условиях и феномен «черных курильщиков» в глубоководных условиях. 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, отмеченная 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 (Прокин и др., 2004).

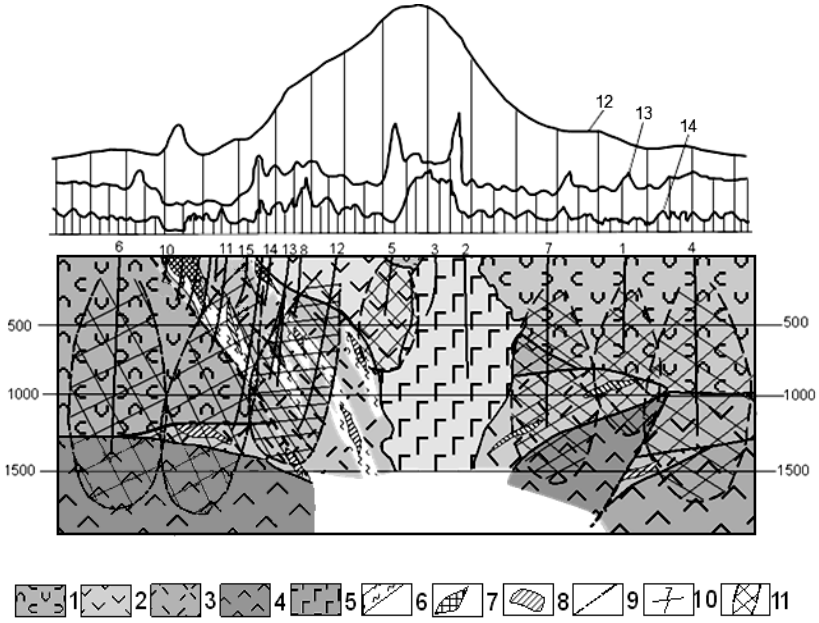

Рис. 6. Схематический геолого-геофизический разрез Гайского рудного узла (Виноградов, 1980): 1 – вулканогенно-осадочные образования непродуктивной формации; 2 – надрудная андезито-базальтовая толща; 3 – рудовмещающая липарит-дацит-андезит-базальтовая толща (образования рудовмещающей палеовулканической структуры); 4 – подрудная базальтовая толща; 5 – диабазы, габбро-диабазы; 6 – околорудные 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/см^3); 13 – кривая вертикальной составляющей магнитного поля; 14 – кривая кажущихся электрических сопротивлений по данным симметричного электропрофилирования (СЭП, АВ=1000 м)

В настоящее время таким, вероятно, первоочередным объектом являются глубокие горизонты пятой залежи. Здесь по количественной интерпретации гравитационной аномалии (Виноградов, 2004; Виноградов, Виноградова, 2009), выделенной ещё до заложения карьера № 2, был сделан расчет распределения аномалиеобразующих масс – рудных тел залежи (рис. 7а). Их цент тяжести расположен в основании разведанной залежи. В 2003 году карьер вышел и закрыт на отметке центра тяжести предполагаемого гравитирующего объекта (рис. 8, цветная вкладка). На его дне остались не выработанные 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 (рис. 7б) 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 является первоочередным объектом для наращивания прогнозных ресурсов и запасов медно-колчеданных руд на Урале и требует составления и реализации наукоемкой программы исследований и работ с целью оптимизации освоения потенциала этой уникальной структуры.

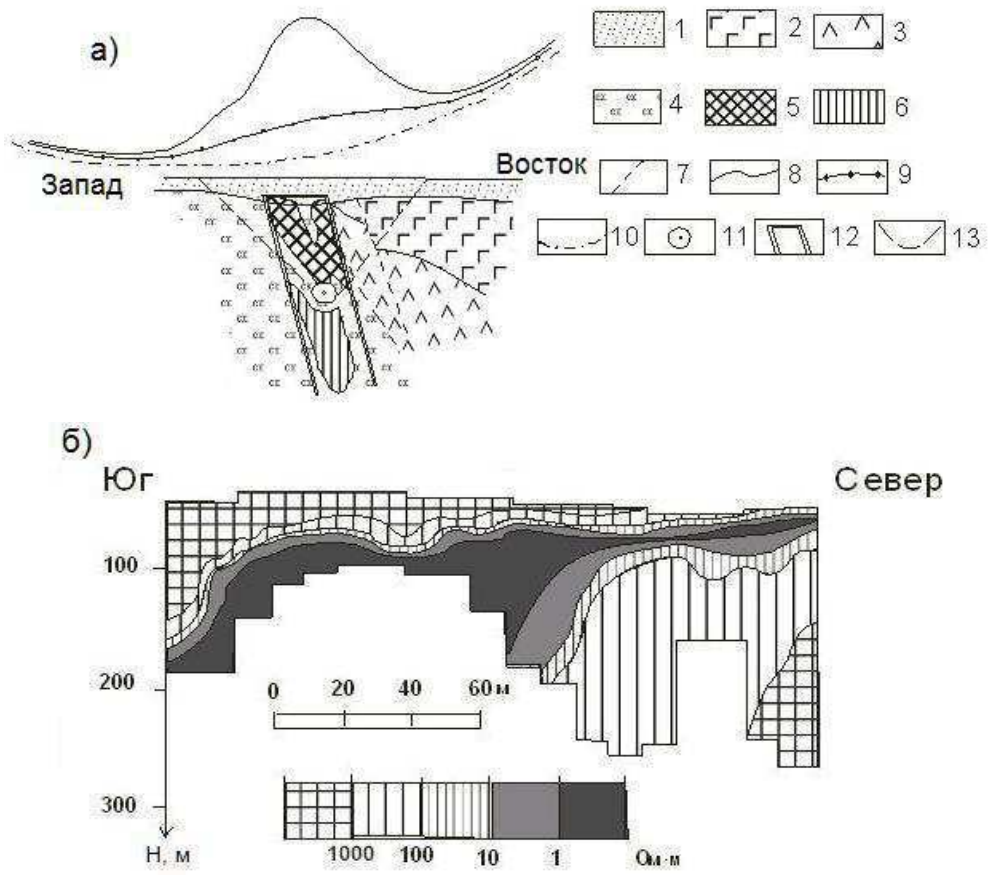

Рис. 7. Схематический геологический и геоплотностной разрез по профилю 43 (а) и геоэлектрический разрез (б) на дне карьера № 2 по данным электрического зондирования (ЗМПП) с наблюдениями автономной рамкой в генераторной петле: 1 – рыхлые дальноприносные отложения и коры выветривания; вулканогенные породы: 2 – базальтового и андезит-базальтового и 3 – дацитового, липарит-дацитового составов; 4 – гидротермальноизмененные породы; рудные залежи: 5 – известные и 6 –предполагаемые; 7 – разрывные нарушения; наблюденная кривая поля силы тяжести: 8 – исправленная по решению прямой задачи за влияние рыхлых отложений и 9 – известных рудных тел и рыхлых отложений; 10 – кривая регионального фона поля силы тяжести, выделенного графически; результаты количественной интерпретации аномалии над пятой залежью Гайского месторождения (11, 12) 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 году карьера порядка 380 м от дневной поверхности)

Выводы

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 переинтерпретацией гравитационных, магнитных и электрических полей (м-б 1:25000–1:50000) Гайского рудного района на современном уровне аппаратурно-методического обеспечения;

– изучением прогнозных рудоносных структур предположительно фиксируемых отрицательными аномалиями силы тяжести к юго-востоку от Гайского месторождения;

– изучением и проверкой участка ано-

малии A_7 метода изолиний 1942 года;

– оценкой глубоких горизонтов под карьером № 2 пятой залежи месторождения.

Литература

Виноградов А.М. Роль геофизических исследований при проведении геологосъёмочных работ на Южном Урале // Разведка и охрана недр. 1966. № 12. С. 34–38.

Виноградов А.М. Прогнозирование и поиск колчеданных месторождений на Южном Урале: обзор ВИЭМС. Сер. Регион. разведка и промысл. геофизика. М.: ВИЭМС, 1980. 40 с.

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

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.

Виноградов А.М., Ярош А.Я. Широтная тектоническая зональность и ее связь с металлогенией (на примере Южного Урала) // Вопросы разведочной геофизики: тр. Свердловского горного института. Свердловск, 1971. Вып. 75. С. 3–9.

Виноградов А.М., Ярош А.Я. Строение структурно-формационных зон Южного Урала и развитие глубинных разломов земной коры // Разведочная геофизика: тр. Свердловского горного института. Свердловск, 1972. Вып. 83. С. 8–25.

Виноградов А.М., Малышев А.И., Бушарина С.В. Флюидо-энергетический поток секущих зон тектонических дислокаций Южного Урала (геофизический и минерагенический аспект) // Геофизические исследования Урала и сопредельных территорий. Екатеринбург: ИГф УрО РАН, 2008. С. 32–35.

Виноградов А.М., Виноградова В.Н. Гайский рудный узел; изучение физических полей и поиск рудных тел // Геодинамика, глубинное строение, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей: Пятые науч. чт. памяти Ю.П. Булашевича. Екатеринбург: ИГф УрО РАН, 2009. С. 77–80.

Игошин Б.А. Структура геоэлектрических полей в районе купоросного озера Гайского курорта // Изв. АН СССР. Сер. геологическая, 1961. С. 84–92.

Калиновка. Оренбургская область, 2003. URL: http://maps.google.ru (дата обращения: 15.02.2010).

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.

Ленский В.А., Виноградов А.М. Скважинная сейсморазведка в рудных районах на примере медно-колчеданных месторождений Южного Урала // Экспресс-информация: серия: региональная, разведочная, и промысловая геофизика. М.: ВИЭМС, 1980. Вып. 3. С. 1–22.

Малышев А.И. Сера в магматическом рудообразовании. Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2004. 189 с.

Малышев А.И., Виноградов А.М. Особенности колчеданного рудообразования в зависимости от эволюции геодинамического режима Уральского подвижного пояса // Геодинамика формирования подвижных поясов Земли: материалы Международной конференции. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2007. С. 206–211.

Песковский И.Д. Эволюция литосферы Западной Сибири и формирование осадочного бассейна. М.: Недра, 1992. 334 с.

Прокин В.А., Буслаев 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.

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.

К статье Виноградова А.М. – «Геофизические поля и положение уникального медно-цинкового месторождения в структуре Гайского рудного узла»

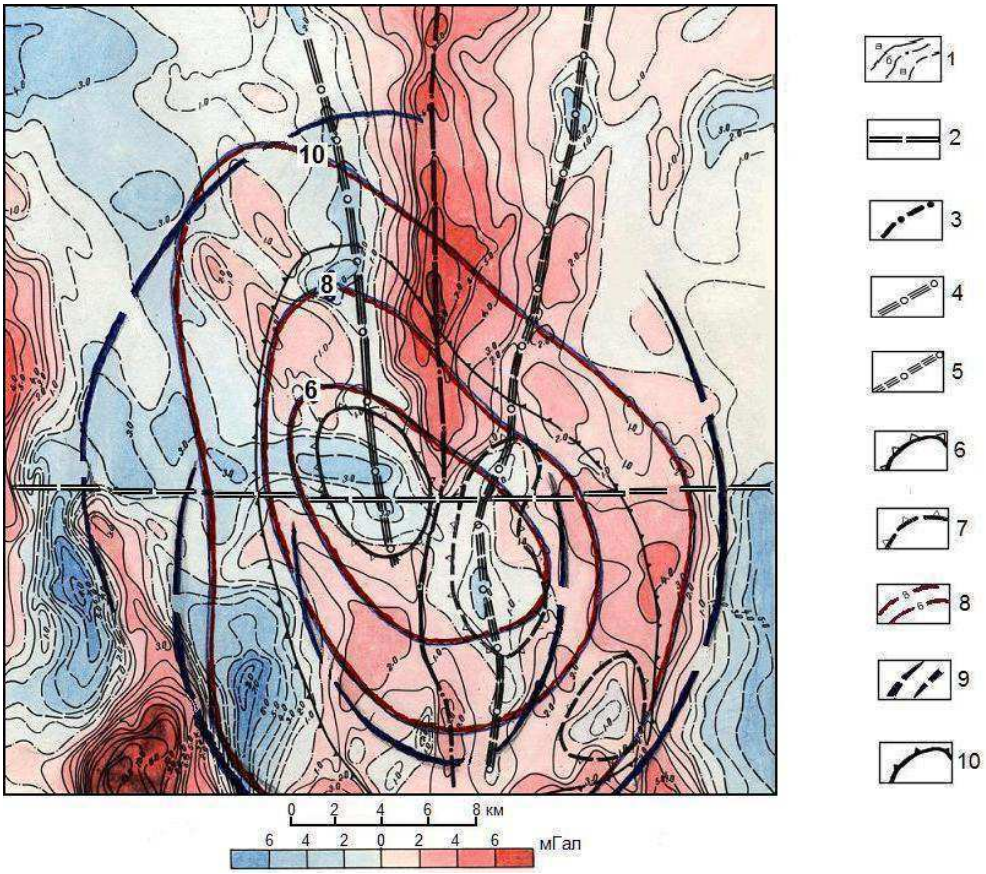

Рис. 3. Структура Гайского рудного узла в остаточных аномалиях силы тяжести (метод вариаций R=5 км, сеть 1000x500 м), в результатах дешифрирования космических снимков (Косарев, 1985) и данных пространственного сейсмического зондирования (Халевин, Виноградов, 1976): 1 – изолинии остаточных аномалий силы 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 Ирениkского 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

К статье Виноградова А.М. – «Геофизические поля и положение уникального медно-цинкового месторождения в структуре Гайского рудного узла»

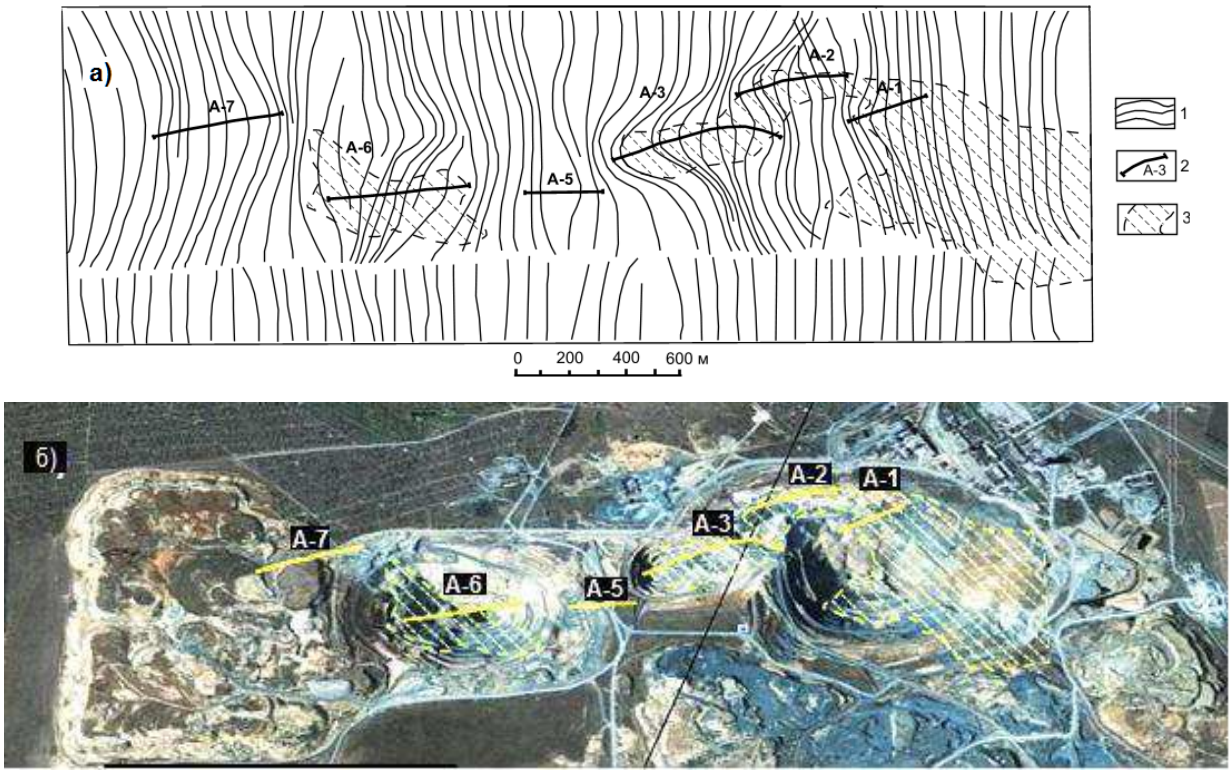

Рис. 1. План результатов работ (а) методом изолиний (по Д.Ф. Уманцеву, 1942 г.) в сопоставлении с положением аномалий в проекциях на карьеры (б) Гайского месторождения: вид из космоса (Калиновка … , 2003): 1 – изолинии потенциала линейных электродов по методу изолиний; 2 – оси аномальных распределений изолиний; 3 – горизонтальные проекции рудных тел месторождений

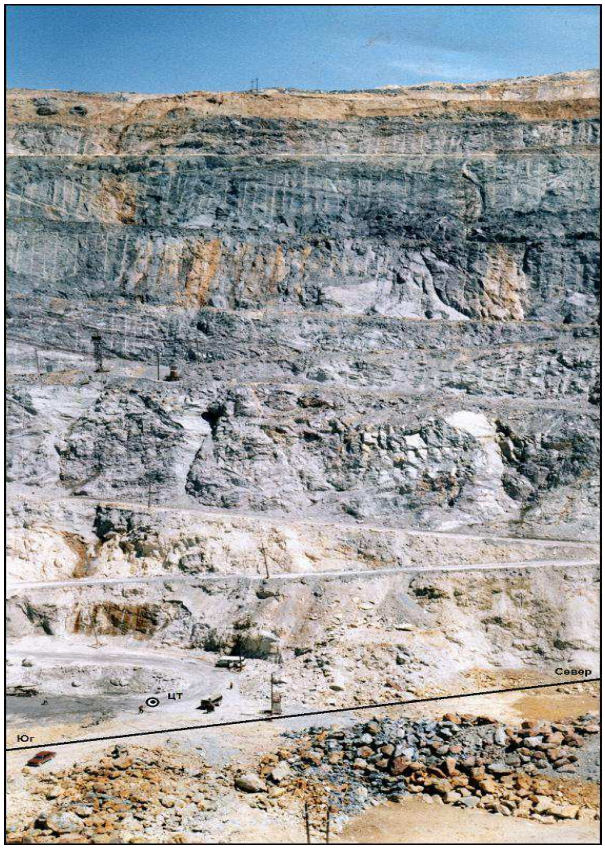

Рис. 8. Западный борт карьера № 2 и его подошва с положением центра тяжести (ЦТ) объекта и профиля (Юг – Север) наблюдений ЗМПП автономным датчиком в поле генераторной петли