ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА ПОЛИМЕТАЛЛОВ

Г.Г. Белоусов
ОАО «Рудно-Алтайская экспедиция», г. Змеиногорск

Методика прогноза. Основана на изучении вихревых структур, широко распространенных в земной коре. Они образуются при движении газов, течении жидкостей, при реологических процессах и воздействии электромагнитных волн на твёрдое вещество. Такие структуры фиксируются на поверхности и в недрах Земли на микро-, макро-, мезо -, и мегауровнях (Арсеньев и др., 2003) и отражаются в геофизических и геохимических полях. По методике, предложенной Арсеньевым, площади изменения, одинаковых структурных элементов с глубиной экспрессно устанавливались нами по гравиметрическим и магнитометрическим картам масштаба 1:200 000, так как они фиксируют особенности строения различных глубинных уровней земной поверхности. Признаки вихревых структур, располагающихся в узлах размещения месторождений колчеданно-полиметаллического семейства, обнаруживались при анализе геофизических и геохимических полей с использованием площадок 3 х 3 км. Здесь определялись средние значения вектора простираний площадок, обладающих наименьшей изменчивостью гравиметрического и магнитного полей. То есть, на кальке в пределах каждой площадки проводилась линия направления изолиний гравиметрического и магнитного полей. Там, где угол, образуемый двумя линиями, различался более чем на 60^0, эта площадка выделялась как область закручивания структур с глубиной. По данным этих построений однозначно выделяются рудные узлы. В рудном узле выделяется четыре-шесть кольцевых структур, каждое кольцо состоит из трех, шести скученных площадок. Кольцевые структуры располагаются во внешней части рудного купола, образуя в центре пустой круг (рис.1).

Результаты работ.

А) Рубцовский рудный район. Здесь выделяются два известных рудных узла, и один ранее не выделявшийся.

1. Таловский рудный узел: в нём локализованы лицензированные Таловское, Степное месторождения, а также не распределённые в недропользование Тушканихинское, Майское месторождения и три рудопроявления полиметаллов.

2. Рубцовский рудный узел включает в себя отрабатываемое Рубцовское месторождение и готовящееся к отработке Захаровское месторождение.

3. Егорьевский рудный узел, ранее не выделявшийся, находится в северо-западном углу площади. По данным интерпретации гравиметрических и магнитометрических карт масштаба 1:50 000 здесь выделяются два перспективных рудных объекта.

Змеиногорский рудный район. Выделены Змеиногорский и Семёновский рудные узлы.

В настоящее время в пределах Змеиногорского рудного узла отрабатывается Зареченское месторождение полиметаллов. Готовится к отработке Корбалихинское месторождение. Подготовлены к лицензированию и выставлены на аукцион Среднее и Лазурское месторождения. Известны также отработанные в прошлом Змеиногорское, а так же Петровское, Преображенское, Карамышевское–2 полиметаллические месторождения. В Семёновском рудном узле известно частично отработанное Семёновское месторождение. В этом узле дополнительно, в результате проведённой работы, выделено 2 перспективных объекта, также дополнительно выделено две перспективных площади в Змеиногорском рудном узле.

Золотушинский рудный район. Большинство известных месторождений отработаны. По данным интерпретации геофизических материалов на основе выделенных структур можно оконтурить три рудных узла: Юбилейный узел включает одноимённое месторождение с подсчитанными запасами, которое готовится к лицензированию на добычу. Здесь известны

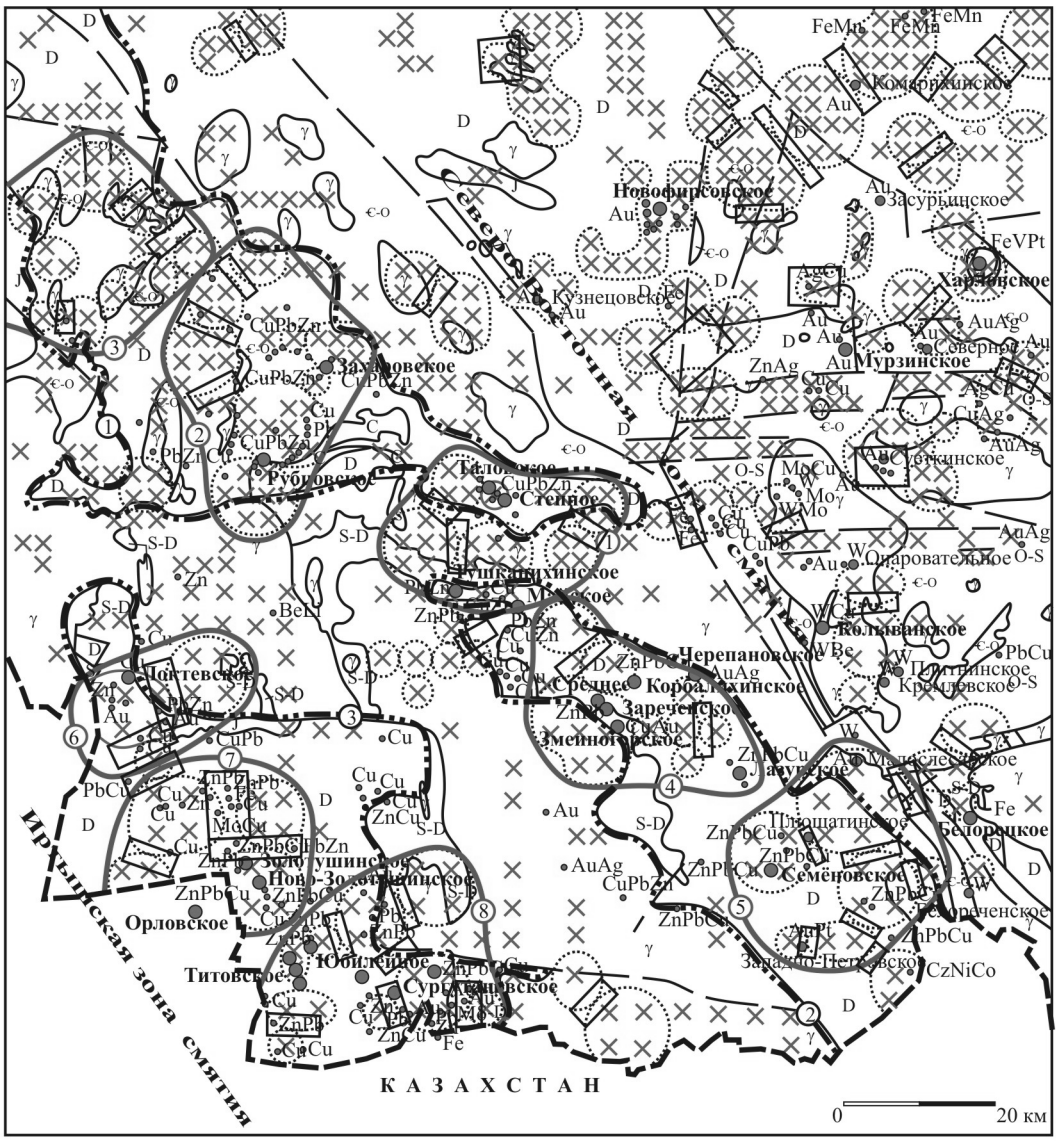

Рис. 1 Геофизические признаки геоэлектрохимических полей Рудного Алтая

Рудные узлы

1 - Таловский
2 - Рубцовский
3 - Егорьевский (прогнозируемый)
4 - Змеиногорский
5 - Семеновский
6 - Локтевский
7 - Золотушинский
8 - Юбилейный

Рудные районы

1- Рубцовский
2 - Змеиногорский
3 - Золотушинский

Месторождения

Проявления

Предполагаемые рудные поля

Центры площадок размером 3*3 км, в которых зафиксирован поворот на 60° и более равнозначных структурных элементов гравиметрического и магнитных полей

отработанные месторождения Крючковское, Сургутановское, Гериховское, Титовское. В Золотушинском узле отработаны Золотушинское, Ново-Золотушинское месторождения, Орловское месторождение в соседней Республике Казахстан. Локтевский рудный узел с отработанным Локтевским месторождением.

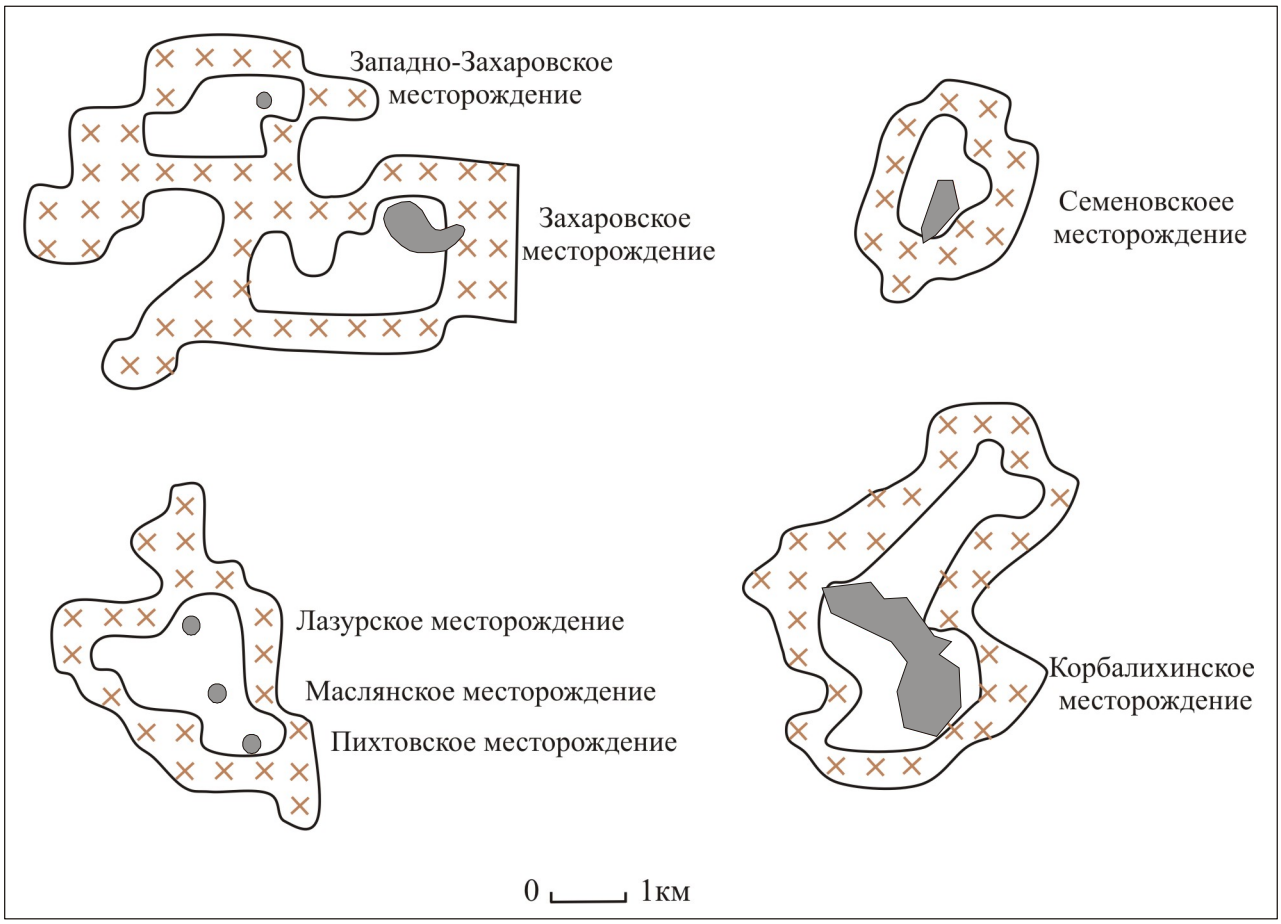

Рис.2 Формы и размеры вихревых магнитных полей полиметаллических месторождений

× × Центры площадок размером 0,5х0,5 км в которых зафиксирован поворот на 60^0 и более равнозначных структурных элементов гравиметрического и магнитных полей

Вихревые магнитные поля, выделенные по скоплению этих площадок

Контуры рудных тел в проекции на горизонтальную плоскость

Вихревые структуры рудных узлов выделяются кольцевыми формами по периферии куполовидных поднятий размером от 25 до 40 километров. Месторождения приурочены к центральной части структур (Юбилейное, Корбалихинское) или к переферийной части восьмеркообразной формы (Рубцовское, Захаровское, Змеиногорское, Зареченское).

Для выявления признаков вихревых структур более низкого ранга проанализированы гравиметрические и магнитометрические карты м-ба 1:25 000 участков месторождений. Признаки поворота с глубиной равнозначных структурных элементов на 60° и более градусов

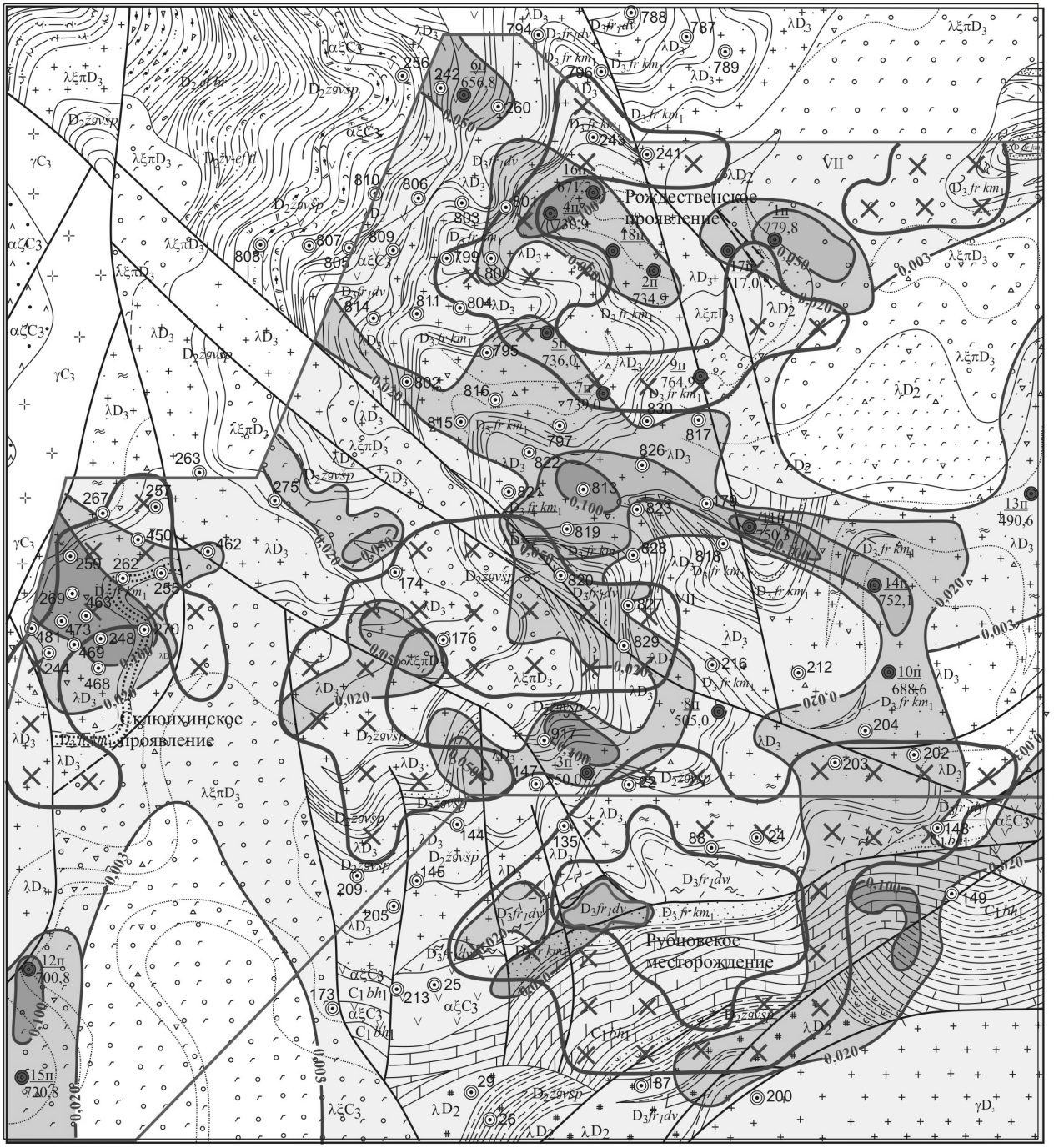

Рис.3 Карта геохимических полей суммы рудообразующих элементов и геофизических признаков вихревых магнитных полей

Интенсивность ореолов

Пониженные концентрации (по сравнению с местным кларком) рудообразующих элементов ΣCu+Pb+Zn<3 , при содержаниях Cu<0.002, Pb<0.001, Zn<0.001

Усредненный местный кларк рудообразующих элементов ΣCu+Pb+Zn=0,012-0,015 , при содержаниях Cu<0.0039, Pb<0.0011, Zn<0.0084

C_{a_1} ΣCu+Pb+Zn>0.020 , при содержаниях Cu>0.008, Pb>0.002, Zn>0.016

C_{a_2} ΣCu+Pb+Zn>0.050 , при содержаниях Cu>0.016, Pb>0.004, Zn>0.030

C_{a_3} ΣCu+Pb+Zn>0.100 , при содержаниях Cu>0.03, Pb>0.01, Zn>0.06

Центры площадок размером 0,5*0,5 км в которых зафиксирован поворот на 60° и более равнозначных структурных элементов гравиметрического и магнитных полей

Вихревые магнитные поля, выделенные по скоплению этих площадок

определялись в площадках 0,5 х 0,5 км. По скучиванию таких площадок определялось изменение магнитного поля вблизи рудных тел, в пределах рудного поля месторождений. Однозначно установлено, что рудное поле месторождений фиксируется изменением вектора намагничения в кольцевых структурах около месторождения, названных вихревыми магнитными полями. Ширина таких оторочек 0,5-2км. Получены подтверждения на пяти полиметаллических месторождениях (рис.2).

Размеры вихревых магнитных полей от 1 х 3 км (Семёновское) до 4 х 6 км (Корбалихинское) и зависят от крупности месторождений. Форма вытянутая S-образная, переходящая в восьмёркообразную, с кольцевой структурой в центральной части.

Детальное изучение геохимических особенностей Рубцовского месторождения и прилегающей к нему территории (рис.3) показало, что внутренняя часть выделенного кольцевого поля месторождения имеет пониженный геохимический фон рудообразующих элементов с суммой Cu+Pb+Zn=0,0017 %. То есть, идёт вынос металла в рудное тело. Объём вынесенного металла кольца составляет 10 % запасов месторождения. Группа сидерофильных элементов Cr, Ni, V из рудной зоны и внутренней части выделенного поля выщелочена. Сумма Cr+Ni+V=0,001-0,0012 %. Элементы переотложены в полосу вихревого магнитного поля, где содержания увеличены в 2-5 раз до 0,05 %.

Северная часть Рубцовского месторождения в границах Склюихинского участка изучена с большой степенью детальности. По результатам детальных работ откартированы геохимические поля. На прилагаемом рисунке (рис.3) вынесен только ряд глубоких (до 700 м) скважин. Так как покровные наносы мощностью 80-150 м перекрывают породы фундамента, было проведено детальное картирование. Пробурено 350 картировочных и поисковых скважин на площади 50 км^2.

При построении геохимической карты суммы рудообразующих элементов (Cu+Pb+Zn) взяты средневзвешенные значения спектральных проб. По картировочным скважинам учтены все пробы. На поисковых скважинах средние значения высчитывались примерно по третьей части скважин. В подсчет вошли две тысячи проб картировочно-поискового бурения и две тысячи семьсот проб глубокого, структурного бурения.

На построенной карте выделяется полукольцевая аномальная зона, окаймляющая Рубцовское месторождение. С запада и с востока от месторождения зафиксированы зоны выноса – отрицательные геохимические аномалии (рис.3). Это указывает на явное перераспределение элементов в породах площади месторождения.

Геохимический фон осадков каменёвской свиты (D_3km), развитой на участке, превышает кларк концентраций в литосфере по Виноградову по меди в 2 раз, по свинцу в 2 раза, по цинку в 4 раза, для субвулканических риолитов верхнего девона то же превышение составило: для меди - в 4 раза, для цинка - в 2 раза.

Наличие областей пониженных концентраций рудообразующих элементов, приуроченность рудных объектов к породам обогащенным соответствующими металлами почти однозначно могут интерпретироваться как свидетельство формирования месторождения за счёт перераспределённых элементов «на месте» в рамках замкнутых геохимических систем (Лось, Гольдберг , 2000). В основу объяснения механизмов перераспределения элементов и образования месторождений положены представления геоэлектрохимической концепции (Лось В.Л., Гольдберг Н.С., 2000). В земле генерируется электрическая энергия, которая неизбежно вызывает перераспределение химических элементов в объёмах создающихся геоэлектрохимических полей с образованием зон выноса и привноса элементов, в том числе и рудообразующих. Локальные электрические поля имеют коровое происхождение и гальваническую, фильтрационную и диффузионно-адсорбционную природу. Градиенты потенциалов локальных электрических полей составляют 10^{-3}-10^{-4} х v х m^{-1}; плотность тока вблизи полюсов колеблется в пределах 10^{-1} – 10^{-4} Ам$^{-2}$ (Лось, Гольдберг, 2000).По времени жизни и масштабам локаль-

ные электрические поля соизмеримы с формирующими рудные месторождения геохимическими системами, а их энергия сопоставима с другими видами генерируемых в земле энергий.

Подмечено, что в Рудном Алтае узловое размещение месторождений колчеданно-полиметаллического семейства приурочено к конвективно-диапировым, вулканно-плутоническим поднятиям девона с развитыми магматическими очагами, с поперечником в десятки километров (Барышев, 2001). Они-то и явились источниками локальных электрических полей. Адвективные купола образуют цепочки со звеньями через определённое расстояние. Для Рудного Алтая магматические очаги и надочаговые структуры развиты примерно через 30 километров.

Выявленные интерпретацией геофизических материалов вихревые структуры являются отражением деятельности геоэлектрических полей. Это чётко прослеживается на примере Рубцовского месторождения (рис.3), где выделенное электрохимическое поле претерпело зрелую завершенность. По сути дела, такие рудные поля можно приравнять к энергетической ловушке, «гальванической ванне», где стенками является изменённое магнитное поле, функционирующее в обогащённой пиритом и элементами группы железа Cr, Ni, V, Co вмещающей породе. Внутренняя часть ловушки представляет собой генерирующее электрическое поле, осаждающее рудообразующие элементы. Там, где по результатам интерпретации вихревое магнитное поле выделятся в виде полукольца («дырявой ловушки»), образуются мелкие рудопроявления и ореолы рассеяния, промышленного скопления металла нет. На изученной площади в пределах таких полуколец зафиксированы Склюихинское и Рождественское проявления полиметаллов (рис.3). На Рождественском проявлении в просчитанном геохимическом разрезе вкрест предполагаемой рудной зоны сумма содержаний рудообразующих элементов одинакова как за пределами вихревого магнитного поля, так и пределах полукольца. Сидерофильные элементы, в отличие от кольца Рубцовского месторождения, имеют незначительное превышение над геохимическим фоном. То есть, система рудообразования на Рождественском проявлении не работала.

Таким образом, апробирована экспрессная методика выявления геофизических признаков геоэлектрохимических полей, развитых на колчеданно-полиметаллических месторождениях. Эта методика позволяет выделить прогнозируемые рудные узлы и рудные поля, противопоставляя их малоперспективным территориям.

Литература

Арсеньев В.А., Дубов Н.В., Дубова Т.А. Использование вихревых структур для прогноза алмазоносности. (Руды и металлы, 2003. №3, с.29-34).

Барышев А.Н. Позиция крупнейших рудных районов и узлов в системе адвективных структур Земли (Отечественная геология, 2001, №2, с.6-13).

Горяинов П.М., Иванюк Г.Ю. Самоорганизация минеральных систем. М. Геос, 2000.

Лось В.Л., Гольдберг Н.С. Геохимические поиски скрытых рудных объектов: базовая модель, технология, организация. (В книге «Поисковая геохимия: Теоретические основы, технологии, результаты.» Алматы, 2004).

Лось В.Л., Гольдберг Н.С. Рудообразование как самоорганизационный процесс перераспределения металлов (Геология и минералогия Казахстана. Алматы, 2000, с.116-129).

Рысс Ю.А. Геоэлектрохимический метод прогнозирования Л. Недра, 1983.

От редакции:

Редко, но все-таки появляются на страницах нашего бюллетеня статьи о работах в Рудном Алтае. Статья Геннадия Григорьевича Белоусова, ведущего геолога Рудно-Алтайской экспедиции, относится к их числу. Она затрагивает сложный вопрос прогнозирования мес-

торождений полиметаллов на основе анализа геофизических и геохимических полей. Используемые для анализа поля, естественно, получены еще в советскую эпоху. Все знают, что сейчас никаких съемок не ведется. Но даже то, что старые съемки еще востребованы, внушает оптимизм.

В дополнение к статье мы приводим отзыв на нее известного в Рудном Алтае геофизика, работавшего в 1970-1980-е годы начальником отряда скважиной геофизики Таловской партии АГЭ Владимира Владимировича Семенова. Он знаком с предметом статьи не понаслышке, а непосредственно.

Отзыв на статью Г.Г. Белоусова «Использование геоэлектрохимических полей для прогноза полиметаллов»

Приятно отметить, что геоэлектрохимические исследования на Рудном Алтае продолжаются, о чем свидетельствует настоящая статья. Они имели свой максимум в конце 70-х – начале 90-х годов прошлого века и проводились представителями отдела геоэлектрохимических методов разведки НПО «Рудгеофизика» под руководством Ю.С. Рысса совместно с работниками Таловской и Локтевской партий АГЭ, КГЭ и ЦГЭ ПГО «Забсибгеология».

Описываемая в статье методика выявления «вихревых структур» отражает, по мнению автора, деятельность геоэлектрохимических полей и результаты ее опробования на известных и перспективных рудных узлах в разных районах северо-западной части Рудного Алтая. Результаты работ достаточно убедительно показывают возможности данной методики для прогнозирования поисков полиметаллов в этой рудной провинции. В статье, очевидно, из-за ее небольшого объема, недостаточно ясно освещена природа «объектов, генерирующих электроэнергию» и «энергетических ловушек», а также, каким образом «вихревые структуры» могут образовываться при воздействии электромагнитных волн на твердое тело? Каков источник этих электромагнитных волн?

Сами по себе «энергетические ловушки» или «вихревые структуры», как геологические объекты не могут генерировать электрическую энергию, тем более электромагнитные волны, особенно такое количество времени, о котором пишет автор. Под «электромагнитными волнами» обычно понимается изменение электромагнитного поля с какими-то амплитудой, частотой и переменой знака направленности поля, а такие изменения вряд ли могут создавать оптимальные условия для протекания электрохимических реакций на минералах, которые могли бы осуществлять вещества в пространстве. Конечно, протекание электрического тока всегда связано с возникновением магнитного поля, даже если ток постоянный. В работах Ю.С.Рысса о природе геоэлектрохимических реакций всегда звучало, что основа этих реакций – окислительно-восстановительные процессы на поверхности рудных минералов под действием постоянного тока и отвод продуктов реакций от места их протекания, и эти процессы не могут долго длиться в знакопеременном поле. Электрический ток, обеспечивающий эти процессы, может быть обусловлен: естественным электрическим полем Земли, что мы имеем в природе; создаваться искусственно, что лежит в основе модификаций метода поляризационных кривых.

Под действием окислительно-восстановительных реакций создается область-зона протекания их, из которой формируется диполь (или система диполей), где на одном полюсе происходят преимущественно окислительные реакции, а на другом – восстановительные. Протекание тока в этой системе и обеспечивает перенос ионов одного знака в зону одного полюса, а ионы противоположного знака переносятся к другому полюсу. Это явление и обуславливает перенос (вынос или обогащение) металлов в зоны полюсов. Эти системы саморазвивающиеся и могут существовать длительное время, сравнимое с тем, о котором пишет

автор. Несмотря на незначительные величины потенциалов и плотности токов (в случае естественного поля), фактор длительного времени создает перемещение значительных масс металлов, это может создать (или разрушить) места их значительной концентрации – рудные образования. Возможно, названные автором «вихревые структуры» и есть отражение этих систем – диполей, которые могут влиять на векторы намагничения в кольцевых структурах и создавать гравиметрические аномалии – уплотняя (или разуплотняя) горные породы в этих зонах.