

руд, содержащих высокие концентрации золота и серебра, и их отдельное от других руд обогащение с привлечением отсадочных машин. Необходимо отрегулировать реагентный режим селективного обогащения руд с целью создания благоприятных условий для перевода минеральных форм золота и серебра в медный концентрат. Привлекательность именно этого направления заключается в том, что максимальное извлечение попутных компонентов будет способствовать повышению экономической рентабельности переработки рудного сырья. Самое главное, что это наиболее быстрый и экономичный способ, так как не нужно строить новых фабрик (используется прежнее оборудование). Меняются только идеи, заложенные в технологические схемы, да докупается некоторая часть оборудования, затраты на которое не сравнимы со строительством новых

фабрик. В последующем необходимо внедрить гидрометаллургические методы переработки медноколчеданных руд. Это будет способствовать увеличению комплексности переработки рудного сырья и резкому возрастанию процента извлечения основных, редких и благородных металлов в ценные продукты, позволит переработать большие запасы металлов в хвостохранилищах обогащительных фабрик. Все вместе это приведет к оздоровлению экологической ситуации в районах горнорудных предприятий.

Исследования медноколчеданных руд Башкортостана и продуктов их обогащения позволяют говорить о необходимости и возможности повышения комплексности переработки рудного сырья. Наши утверждения подтверждаются опытом работы многих горно-обогатительных предприятий, как в России, так и в мире.

***И. А. Хайретдинов, О. М. Петров, А. П. Калташев,
Н. А. Андриянова, Н. П. Кононенко***

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СЛЕДСТВИЯ ИЗ ЭЛЕКТРОГЕОХИМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РУДООБРАЗОВАНИЯ

С 1990 г. ЭГХ-модели применялись нами при прогнозе и поисках месторождений колчеданной формации. В Зауралье мы изучали рудоконтролирующие кольцевые структуры (РКС) рудных районов: Баймакская, Подольская, Октябрьская, Гайская и Учалинская. Огромный объем проанализированного материала позволил сформулировать систему взаимосвязанных положений, которые мы оцениваем как наиболее существенные следствия фундаментального значения. Они суммируют самое важное для понимания особенностей образования и пространственного размещения месторождений.

Наши материалы получены комплексными исследованиями с использованием сведений о геологии, планов геофизического картирования (с особым вниманием к результатам гравитационной, магнитной съемки и метода вызванной поляризации), геохимического опробования поверхности и керны поисковых и съемочных скважин, планов расположения месторождений и рудных проявлений. К комплексу методов мы предъявляли следующие требования: 1) причинные связи собираемых сведений должны быть понятными, 2) они обязаны дополнять друг друга, и 3) должны контролировать достоверность материалов каждого метода в отдельности.

С формальных позиций наша работа продолжает направление геологии рудных месторождений, возглавляемое И. Н. Томсоном. Однако причины возникновения РКС, методика их выявления, изучения, описания и объяснения нами трактуются в значительной мере иначе.

Фундаментальные итоги наших исследований, подкрепленные примерами Первомайского и Ахуново-Верхнеуральского рудообразующих ЕП (рис. 1, 2), можно свести к следующим положениям.

1. Любые процессы рудообразования, впрочем, как и все иные геологические события, возникают

и протекают в естественных силовых полях. Роль их изначально первостепенна. В геологии учет структуры естественных силовых полей, вскрывающей условия рудообразования, обязателен.

2. Рудонакопление обусловлено естественным электрическим полем (ЕП). Это утверждение повторяет положение физики о фундаментальных силовых полях и детально объяснялось в наших публикациях. ЕП возникают не как следствие гипергенеза, а как первопричина образования и изменения пород и руд. ЕП при минерализации во всех деталях своего строения стремилось к достижению равновесия с вмещающими породами. Это означает, что породы подвергались изменениям, метаморфизму соответственно их положению в ЕП: в зоне катодных реакций — в относительно восстановительных условиях, а в анодной — окислительных и т. д. Так ЕП «впечатывает» свою структуру в толщу пород, придавая им свойства составляющих электрохимической ячейки. Последняя при каждой активизации вмещающей среды ЕП «пробуждается» и принимает участие в переносе, перераспределении элементов, формировании зональности. Поскольку ЕП охватывает объем пород, значительно превышающий зону рудоконцентрации, силовые линии обеспечивают электрофоретическое извлечение элементов для рудных минералов из всех пород, охваченных ЕП. Это означает, что в любом виде рудообразования велика, хотя и не равнозначна, роль: процессов латераль-секреционного типа и, как источника металлов, — вмещающих пород на разных глубинных интервалах. Это положение часто фигурирует в публикациях, например, у Дое Виссе, Г. Б. Наумова и других.

3. Любой тепломассоперенос сопровождается естественным электрическим полем торовидной формы и строения. Под «тепломассопереносом» имеется

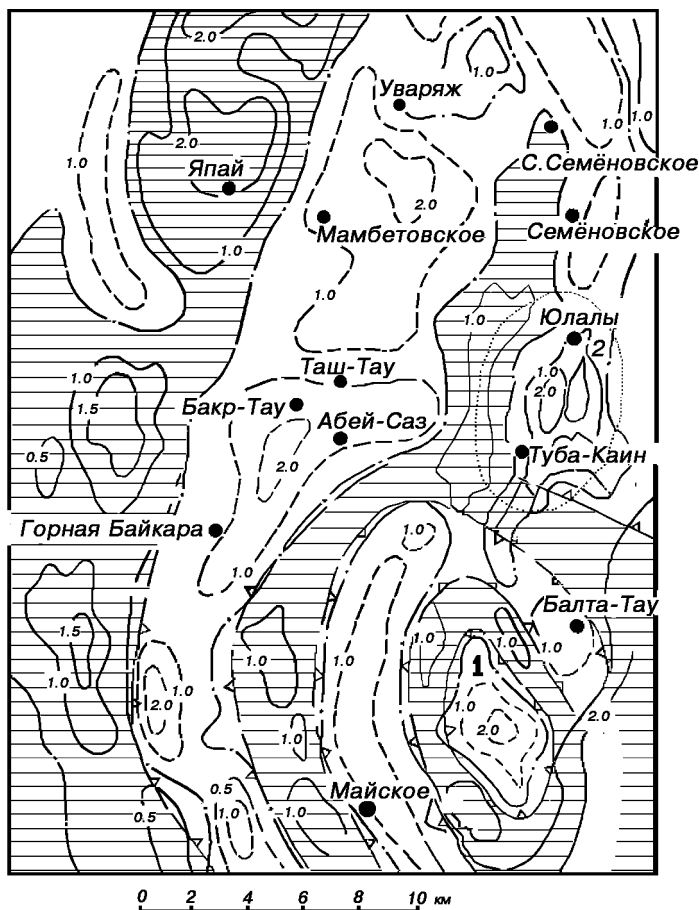


Рис.1. Схематическое строение Первомайской кольцевой структуры по данным гравиметрии, геохимическому опробованию и карте месторождений и рудопроявлений

1—центр Первомайской КС, 2—центр дочерней Юлалинской КС; горизонтальная штриховка—зоны положительного значения силы тяжести

в виду миграция любых жидких или газообразных сред, в том числе гидротермы, сольфатары, фумаролы и пр. Срезы земной поверхностью тора в изотропной среде выявляют его концентрическое (кольцевое) строение. Если каналы теплопереноса плоские, то и строение их поперечного сечения зональное, линзовидное, концентрическое. Направления, соответствующие в торе меридианам, подобны направлениям силовых линий; положение параллелей сравнимо с изопотенциалами или изоконцентрами элементов (при постоянной форме нахождения последних в миграционных потоках).

4. Торевидные ЕП возникают задолго до проявлений магматизма и активно существуют значительное время после завершения периода магматических процессов, оказывая влияние на протекающие во вмещающей толще диагенные, катагенные и прочие процессы. В Ахуновско-Верхнеуральской кольцевой структуре (КС) ЕП начало действовать в период формирования вмещающих пород (в ордовике—девоне) и продолжало активную жизнь, по крайней мере, до карбона—перми при становлении гранитных интрузий. То есть КС образована силовыми полями, по времени проявления в значительной мере вторичными относи-

тельно вмещающей среды, хотя эти поля возникли одновременно с толщей пород, в которой они находятся.

5. Центральная часть южноуральских КС обычно занята породами, отличающимися аномалиями пониженной плотности; ее окружает кольцевая зона с положительными аномалиями поля силы тяжести. Далее это чередование может повторяться еще 2–3 раза. Подобное строение КС свидетельствует о попеременном чередовании кольцевых зон, которым свойственны признаки катодных и анодных областей. То есть силовым линиям тора («меридианам») характерно строение, типичное для диполь-дипольных цепочек. В малых размерах продукты работы подобных торов известны геологам как «кольца Лизеганга».

6. Магнитные и рудные минералы образуются к катодной области. На колчеданных месторождениях это сульфидные тела. Анодные зоны в процессах становления рудных тел участвуют как источник металлов, а поэтому сохраняют ценность поискового признака, возникая парагенно с рудоносной зоной. В анодных зонах возможно накопление полезных компонентов, мигрирующих в виде анионов. Это касается, в частности, золота, образующего и анионные и катионные комплексы.

7. Из катодных зон выносятся крупные анионы, а из анодных— в эквивалентных количествах мелкие катионы. В итоге повышается пористость пород катодных областей и компактность анодных (около колчеданных тел— в виде роговиков и яшмоидов). В учении о скарнах нередко этот процесс называют «биметасоматозом», в сущности же это— электрохимическое взаимодействие между анодной и катодной зонами. Так решается «проблема пространства» и обуславливается возникновение концентрической системы трещин, часть которых может быть занята жильными телами.

8. В зоне катодных реакций протекают эндотермические, а в анодных областях экзотермические реакции. Экзотермические реакции питают энергией эндотермические процессы. При этом неизбежны потери, рассеяние тепла. Поэтому зоны анодных реакций должны охватывать значительно большие объемы пород, чем катодные. То есть зоны околорудных изменений (имея в виду расположение части их ниже уровня эрозионного среза) должны быть по площади и объему всегда больше зоны рудной минерализации.

9. Зонам катодных реакций свойственна более высокая проводимость, чем анодным. Это положение не требует доказательств.

10. Торoidalное ЕП ответственно за геохимическую зональность КС и за металлогеническую специализацию кольцевых зон. Процесс формирования зональности, вероятно, не ограничен периодом рудоконцентрации, зональность «совершенствуется» длительное время позже, вероятно— поныне. Решающая роль ЕП обнаруживает себя единообразным строением геохимической зональности на месторождениях разной металлической

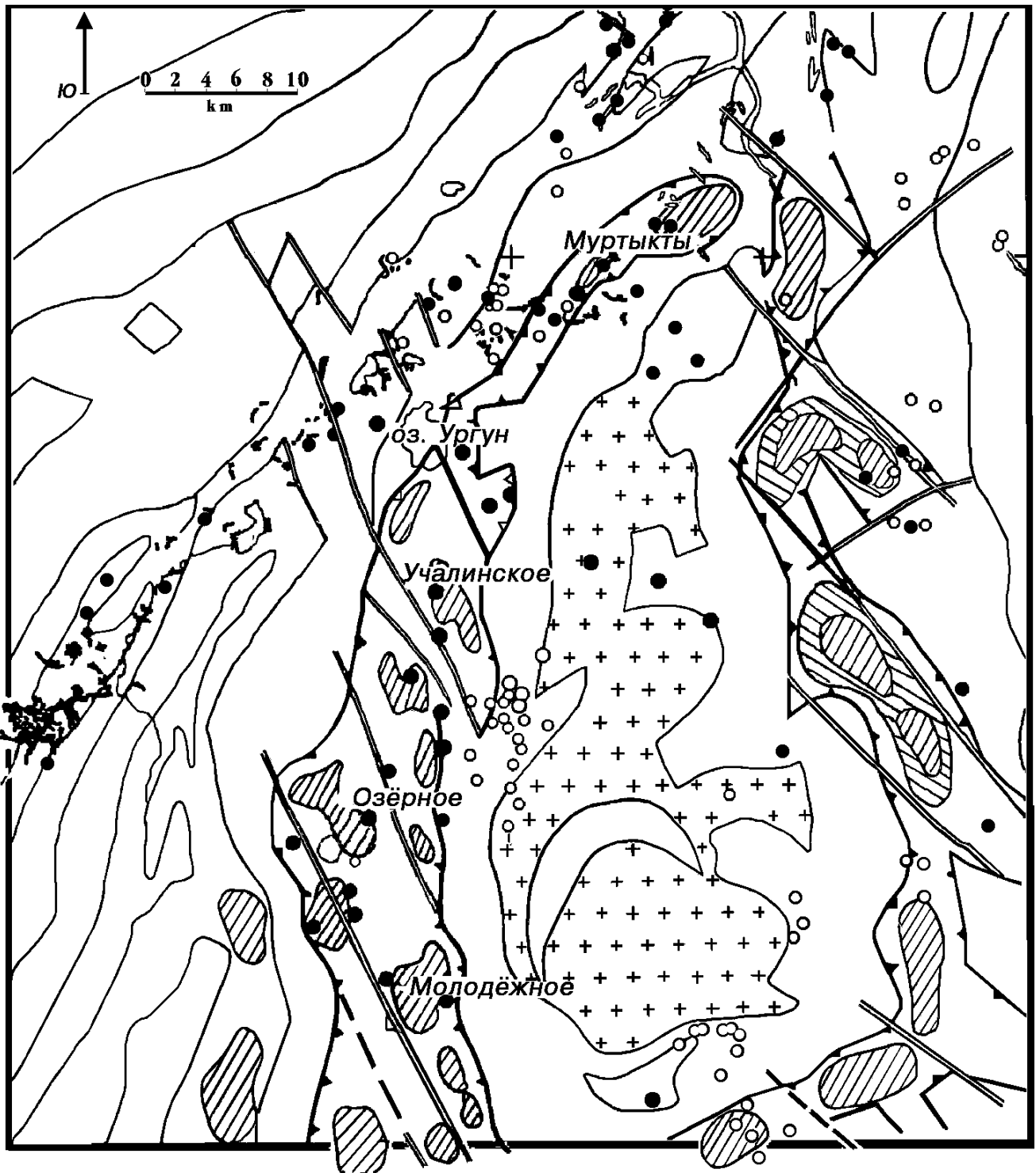


Рис. 2. Схема строения Ахуново-Верхнеуральской рудоконтролирующей кольцевой структуры по материалам гравитационной съемки, карты месторождений (•) и рудопроявлений (o)

Центр КС занят гранитами (+++). Косой штриховкой показаны положительные гравитационные аномалии, объединяющая их кольцевая зона вмещает практически все колчеданные месторождения. На западе черным цветом неправильными телами обозначены отработанные россыпные месторождения золота. Жирные линии северо-западного и северо-восточного направления –

специализации («универсальным рядом геохимической зональности»).

11. КС, возникая в гетерогенной, позже дислоцированной толще вокруг канала теплопереноса, совпадаю-

щего с пересечением (или утыканием одна в другую) линейных тектонически ослабленных зон, всегда имеет сложное строение. В кольцевых зонах возможно появление КС второго, а вероятно — третьего и более, порядка.

Все это, плюс электрохимическая поляризация между зонами дробления и вмещающими породами, самих зон дробления по простиранию и прочее означает, что форма КС может значительно отличаться от окружности, очертания ее могут быть весьма прихотливыми, а минерализация может быть интенсивно проявлена по одну сторону КС и убого выражена на другом фланге.

12. Рудная минерализация (медноколчеданная, полиметалльно-колчеданная, золото-колчеданная и прочая) формируется в пределах одной КС одновременно, многостадийно, но на разных расстояниях от центра КС. То есть рудные месторождения разной специализации следует рассматривать как фации единой колчеданной формации, а саму КС как единый рудный узел.

13. Крупные КС, расположенные на границе двух разных геодинамических территорий, охватывающие две различающиеся структурно-формационные или структурно-фациальные зоны, обычно включают разные по металлической специализации рудопроявления и месторождения, в составе руд которых отражаются характерные особенности состава и событий в этих геодинамических обстановках. Приведенное положение теоретически ясное и не требует особых доказательств. Оно представляет одну из причин поляризации процессов в КС. Применительно, например, к КС типа Ахуново-Верхнеуральской это означает, что западная ее половина формировалась на базальтоидном основании, а восточная, вероятно, частично на гранитоидном (террейнового происхождения?), а поэтому эти половины могут отличаться друг от друга по геохимическим свойствам рудной минерализации. Сибайская КС, видимо, захватывает западной половиной площадь развития ультрабазитов, что влечет за собой появление в колчеданных рудах повышенных содержаний кобальта, никеля

и иных элементов, свойственных ультраосновным магмам. Восточная же часть ее остается в толще вулканогенно-осадочных пород и содержит месторождения присущих им «классических» колчеданных руд. Подобные КС перераспределяют элементы разных источников, в роли которых выступают вмещающие породы, что усложняет распознавание формационной принадлежности части месторождений и рудопроявлений КС.

14. Концентрированная рудная минерализация связана с участками скачкообразного изменения окислительно-восстановительного потенциала среды. На месторождениях уральского типа горизонт этого скачка Eh-потенциала в субмаринных условиях расположен над дном. Рудный материал в таких условиях успевает покинуть жерловую зону и выпадает в удалении от нее. В вулканических структурах, например, андского типа — обычно на платформе — скачок Eh-потенциала, кладущий начало рудонакоплению, приурочен к более глубоким зонам, и металлы выпадают в жерле. В этом случае в центре КС будет размещена положительная гравитационная аномалия, тогда как в уральском типе центр занят гравитационным минимумом.

15. Рудообразующие ЕП (РЕП) существуют длительно, градиенты их уменьшаются и эффективность участия в процессах минерализации снижается в спокойные периоды и возрастает при активизации; РЕП охватывает и более молодые породы, не только коренные, но и рыхлого чехла, воздействуя на формирование структуры «экзогенных», «вторичных» геохимических ореолов. Поэтому особенности строения последних несут сведения об изначальной среде рудообразования, а элементные ореолы в рыхлом чехле могут быть обособлены во вторичные лишь при некоторых условиях и должны использоваться при прогнозной оценке перспектив площади.