

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

УДК 553.435.001.57 (470.5) © А.Г.Волчков, 2014

ГЕОЛОГО-ПОИСКОВЫЕ МОДЕЛИ МЕДНО-ЦИНКОВОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАЛА

А.Г.Волчков (ФГУП «ЦНИГРИ»)

Рассмотрены основные геологические элементы обобщенной геолого-поисковой модели медно-цинковоколчеданного месторождения уральского типа. Эти элементы продемонстрированы на примере большой группы медно-цинковоколчеданных месторождений Южного и Среднего Урала. Предложены практические рекомендации по использованию геолого-поисковой модели в практике геологоразведочных работ.

Ключевые слова: медно-цинковоколчеданные месторождения, геолого-поисковая модель, уровень эрозионного среза, рудоконтролирующий уровень, поисковая обстановка.

Волчков Алексей Гордеевич, nms@tsnigri.ru

GEOLOGICAL EXPLORATION MODELS OF THE URALIAN Cu-Zn MASSIVE SULFIDES

A.G.Volchkov

Basic geological elements of a generalized exploration model of the Uralian-type Cu-Zn massive sulfide deposits are considered. These elements are exemplified by case histories from South and Middle Urals. Practical recommendations on the model's usage in exploration are given.

Key words: Cu-Zn massive sulfide, geological exploration model, erosion level, ore-controlling level, type environment.

Настоящая статья — дань памяти Анатолию Ивановичу Кривцову, одному из родоначальников проблемы разработки моделей месторождений, которому в декабре 2013 г. исполнилось бы 80 лет. А.И.Кривцов многие годы посвятил изучению медно-цинковоколчеданных месторождений Урала и заложил основы создания их геолого-поисковых моделей.

Около 30% добычи меди в России обеспечивают медно-цинковоколчеданные месторождения Урала, остальные 70% — сульфидные медно-никелевые Норильского района. Мировая добыча меди осуществляется в основном из медно-порфировых месторождений (~65%), в РФ такие месторождения пока не разрабатываются, и экономическая важность медноколчеданных месторождений в ближайшей перспективе остается высокой.

В Уральском регионе выявлено >60 промышленных колчеданных месторождений и >100 рудопроявлений, составляющих основу минерально-сырьевой базы (МСБ) меди Урала. Общие разведанные запасы месторождений около 20 млн. т меди. Эксплуатируются Гайское месторождение (>7 млн. т Cu), Юбилейное (2 млн. т), Подольское (1,7 млн. т), Узельгинское (1,1 млн. т), Ново-Учалинское, Сафьяновское, Сибайская группа (700–900 тыс. т).

Медно-цинковоколчеданные месторождения приурочены к полям развития натровых и калина- тровых вулканогенных формаций и протягиваются цепочкой >1000 км от Мугоджар до Среднего Урала. Большая часть разведанных и эксплуатируемых в настоящее время месторождений находится на Южном Урале в Республике Башкортостан, Челябинской и Оренбургской областях. В районах их разработки сосредоточено не менее полутора десятков горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, в том числе градообразующих — Учалинский, Гайский ГОКи, Башкирский и Медно-горский медно-серные комбинаты и др. Укрепление минерально-сырьевой базы этих предприятий, в первую очередь градообразующих, — одна из важных задач геологоразведочных работ. Ежегодно за счет средств госбюджета на Урале реализуются

геологоразведочные проекты, направленные на локализацию прогнозных ресурсов меди и подготовку объектов для лицензирования.

Для обеспечения выбора оптимального комплекса методов геологоразведочных работ (ГРР) разрабатываются геолого-поисковые модели колчеданных месторождений, проводится их адаптация к реальным обстановкам ведения поисков. В таблице приведены основные типы моделей, востребован-

ные при решении тех или иных прогностических задач геологоразведочных работ. Это геолого-промышленные (статистические), прогнозно-поисковые (качественные), параметрические прогнозно-поисковые и поисковые (количественные), а также геолого-генетические качественные и количественные модели. Указаны возможные области приме-

нения и отражена в о с т р е б о в а н - н о с т ь данных моделей.

Для решения п р а к т и ч е с к и х задач прогнози-рования и пои-сков колчедан-ных месторо-ждений наиболее востребова-ны прогнозно-поисковые или геолого-поиско-вые модели. Они состоят из ряда сопряженных и соподчиненных элементов рудо-носного пространства, характеризующих объекты соответствующего типа. Элементы моделей высту-пают в качестве поисковых критериев и признаков, надежно характеризующих участки скопления руд, доступных для выявления современными методами поисков при соответствующей детальности ГРР. Это дает возможность в ходе ГРР опознать и вычле-

Рис. 1. Обобщенная прогнозно-поисковая модель колчеданного месторождения уральского типа (вертикальное сечение):

образования, перекрывающие рудоносную формацию: 1 — наносы, 2 — граувакки, 3 — вулканогенные молассоиды, 4 — вулканиды базальт-андезитобазальтовой формации; вулканиды рудоносной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации: 5 —

дациты, риолитодациты, 6 — андезитодациты, 7 — андезитобазальты, базальты, 8 — экструзивные купола риолитодацитов; 9 — горизонты яшмоидов; 10 — метасоматиты серицитолитовой формации с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией; 11 — медноколчеданные залежи; 12 — рудокласты в пачках вулканомитовых пород; 13 — послойная вкрапленность сульфидов; 14 — надрудная гематитизация; 15 — варианты положения эрозионного среза модели при различном залегании рудных тел и вмещающих пород (I–IV — субгоризонтальном, V–VII — наклонном, VIII–X — крутом близвертикальном, XI–XIII — запрокинутом)

Рис. 2. Типовой геологический разрез Узельгинского месторождения:

1 — четвертичные отложения (глины, суглинки); 2 — кремнистые сланцы с прослоями песчаников; осадочно-вулканогенная толща: 3 — пироксен-плагиоклазовые порфириды андезитобазальтового состава, 4 — агломератовые туфы пироксен-плагиоклазовых порфиритов (а), то же, с обломками известняков (б); 5 — карбонатная толща: известняки массивные (а) и обломочные (б); вулканогенные, вулканогенно-осадочные образования рудоносной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации: 6 — крупнокварцевые риодациты, 7 — кристалловитротуфы, литокристалловитротуфы крупнокварцевых риодацитов, 8 — базокварцевые и мелкопорфировкварцевые риодациты, 9 — туфы мелкопорфировкварцевых риодацитов, 10 — кремни, кремнистые пелитовые туффиты, 11 — туфоалевролиты, 12 — туфопесчаники, 13 — туфогравелиты, 14 — ритмичное чередование туфогенно-осадочных пород различной размерности, 15 — туфогенно-осадочные породы смешанного состава, 16 — лавы и лавобрекчии афировых миндалекаменных базальтов, 17 — туфы афировых и мелкопорфировых миндалекаменных базальтов; 18 — дайки диабазов, диабазовых порфиритов; 19 — рудные тела; 20 — околорудные серицит-кварцевые метасоматиты с вкрапленной сульфидной минерализацией и их границы; 21 — тектонические нарушения; 22 — разведочные скважины

нить рудоносные участки из геологического пространства.

Для колчеданных месторождений в качестве главных элементов геолого-поисковых моделей выделяются: рудовмещающие части разреза рудоносной формации с подрудными (дорудными) и надрудными (пострудными) образованиями; субпластовые и комбинированные залежи массивных руд; рудоносные (литолого-стратиграфические) уровни; рудоконтролирующие и рудовмещающие структуры; метасоматиты серицитолитовой формации; горизонты сульфидоносных осадочных пород и обломочных руд, а также кремнистые отложения с оксидами Fe и Mn над залежами массивных руд и на их флангах; эндогенные геохимические ореолы; геофизические аномалии.

ЦНИГРИ в тесном содружестве с геологами Урала на основе накопленного опыта поисков и открытия большой группы колчеданных месторождений была создана обобщенная прогнозно-поис-

Рис. 3. Фото образца с рудокластами (обломки темно-серого цвета)

сковая модель колчеданного месторождения уральского типа (рис. 1) [1, 2].

В типовой для Урала ситуации выделяются следующие элементы моделей:

отложения, перекрывающие колчеданосные вулканогенные формации — контрастные или непрерывные, представленные обычно, кроме продуктов мезозойско-кайнозойского осадконакопления, субплатформенными граувакковыми отложениями, вулканогенными молассоидами и породами базальт-андезит-базальтовой порфиритовой формации;

продуктивные (колчеданосные) вулканогенные формации, контрастные риолит-базальтовые и непрерывные базальт-андезит-дацит-риолитовые, площади развития которых отвечают потенциальным рудным районам;

рудовмещающие кислые дифференциаты продуктивных формаций, площади развития которых рассматриваются как потенциальные рудные поля; рудоконтролирующие части разреза продуктивных вулканогенных формаций: лавово-пирокластические толщи кислых вулканитов андезитодацитового, дацитового состава с экструзивными куполами кварцевых порфиров; уровни локализации гидротермально-осадочных руд, приуроченные к границам смены состава вулканитов рудоносной формации, фиксируются по присутствию послойной вкрапленности и прослоев сульфидных руд, наличию среди обломочных пород рудокластов и маломощных пластообразных тел метасоматитов. Количество таких уровней может быть 1–2, иногда до 4–5;

рудоконтролирующие структуры — чаще всего палеовулканические сооружения, образованные экструзивными и субвулканическими фациями умеренно кислого и кислого составов. Нередки группы экструзивных куполов риолитового и риолитодацитового составов нескольких периодов (и уровней) формирования;

комплекс поисковых признаков рудных тел: рудоподводящие каналы, ориентированные под значительными углами к рудоконтролирующей поверхности напластования (рис. 2); рудовмещающие струк-

Рис. 4. Послойная сульфидная вкрапленность

туры, представленные на слабо преобразованных месторождениях синвулканическими депрессиями, фиксируемыми по раздувам мощностей рудоносных образований и наличию пачек и горизонтов вулкано-

миктовых пород. Подобные депрессии сопряжены с рудоподводящими каналами, нередко вмещающими часть сульфидных руд в виде секущих апофиз лежа- чего бока согласных залежей (см. рис. 2);

сульфидоносные метасоматиты серицитолито- вой формации, подчиненные рудоподводящим ка- налам, ограниченные по восстанию поверхностями рудоконтролирующих уровней и отвечающие лежа- чему боку рудных тел; в ряде случаев на месторо- ждениях руды залегают этажно, метасоматические образования могут залегать выше рудных тел (см. рис. 2);

эндогенные ореолы рассеяния в рудовмещаю- щих толщах, подчиненные зонам метасоматитов серицитолитовой формации, но развивающиеся шире последних. В перекрывающих толщах орео- лы, как правило, почти вплотную примыкают к висячему боку гидротермально-осадочных частей комбинированных рудных тел и при значительной мощности толщ практически не проявлены на эро- зионном срезе;

рудокласты присутствуют лишь на тех объек- тах, где синвулканические деформации существен- но изменили рельеф поверхности рудолокализации до захоронения руд, а режим последующего осад- конакопления обеспечил разрушение отложенного рудного вещества (рис. 3);

послойная сульфидная вкрапленность в вул- каномиктовых пачках на выклинках рудных тел (рис. 4).

Отмеченные главные элементы геолого-пои- сковой модели отражаются в соответствующих гео- химических и геофизических полях, в рудно-мине-

Рис. 5. Типовой геологический разрез месторождения Чебачье:

1 — кора выветривания и рыхлые мезокайнозойские отложения; 2 — лавы и туфы миндалекаменных афировых и мел- коплагипорфировых базальтов; 3 — дациты, риолитодациты, реже андезитодациты (*а* — базокварцевые, *б* — мел- кокварцпорфировые); 4 — разнообломочные лавобрекчии, кластолавы дацитов и риолитодацитов; 5 — околорудные серицит- кварцевые метасоматиты с интенсивной вкрапленной сульфидной минерализацией (>5%); 6 — тела сплош- ных колчеданных руд; 7 — тела вкрапленных руд; 8 — крупнокварцпорфировые дациты и риолитодациты, их кла- столавы; 9 — массивные рифогенные известняки; 10 — туфогравелиты (*а*) и туфопесчаники (*б*) смешанного состава иногда с обломками известняков; 11 — синвулканические разрывные нарушения

ралогических характеристиках, которые в этой статье не рассматриваются.

В процессе колчеданообразования обособляют- ся рудные тела двух основных классов. К первому из них принадлежат пластообразные, согласные с напластованием залежи, образованные в результа- те гидротермально-осадочного рудоотложения в депрессионных структурах и сопряженные с непромышленными гидротермально-метасомати- ческими прожилково-вкрапленными рудами лежа- чего бока (рис. 5). Частным случаем залежей этого класса могут быть «бескорневые тела».

Второй класс представляют комбинированные залежи в форме уплощенных воронок, Т-образных и близких к ним тел. Субсогласные части таких тел, контролируемые депрессионными структурами, принадлежат к производным гидротермально-осадочного процесса, а крутые апофизы со стороны лежащего бока обладают всеми признаками гидро-термально-метасоматического рудоотложения в подводящих каналах.

Медноколчеданные месторождения в большинстве случаев представлены группами залежей, расположенных на общем литолого-стратиграфическом уровне или этажно на нескольких подуровнях в его пределах (рис. 6).

В практике ГРП важное прогнозное и поисковое значение имеют варианты обстановок нахождения колчеданных месторождений. Они различаются главным образом пространственной ориентировкой типовой модели, что фактически выражается в разных положениях плоскостей эрозионных срезов I–XIII (см. рис. 1).

Первый вариант обстановок отвечает субгоризонтальному залеганию рудных тел и вмещающих пород (эрозионные срезы I–IV). В таких обстанов-

Рис. 6. Типовой геологический разрез Подольского месторождения:

1 — вулканомиктовые молассоиды; 2 — яшмы, кремни; 3 — обломочные породы пестрого состава; 4 — постколчеданные образования базальт-андезитобазальтового состава; колчеданосные образования: 5 — породы дацитового состава с рудокластами; 6 — туфовые и лавовые фации дацитового состава; 7 — экструзивный купол риолитового состава; 8 — зоны рассланцевания; 9 — границы зоны околорудных кварц-серицит-хлоритовых образований; рудные залежи: 10 — верхнего, 11 — среднего, 12 — нижнего подуровней

ках месторождения слабо затронуты послерудными преобразованиями, сохраняют все признаки субмаринного рудообразования.

Варианты положения эрозионных срезов I и II отражают выходы на поверхность пород, которые перекрывают рудоносную формацию. Присутствие последних на глубине может быть установлено в ходе геофизических исследований и структурно-поискового бурения. В этих случаях возможность проведения ГРП, нацеленных на выявление колчеданных месторождений, зависит от мощности перекрывающих толщ.

Более низкое положение эрозионного среза (III) наиболее перспективно, поскольку вскрывается верхняя часть разреза колчеданосной формации, включая залежи верхних уровней, рудокласты, проявления надрудной гематитизации, метасоматиты серицитолитовой формации, рудоконтролирующие

Рис. 7. Продольный геологический разрез Юбилейного месторождения:

1 — рыхлые отложения; 2 — базальт-андезитобазальтовая формация (послерудная); колчеданосная риолит-базальтовая формация с толщами: 3 — риолитодацитовой (экструзивные фации), 4 — базальт-андезитобазальтовой, 5 — дацитовой, 6 — андезитодацитовой, 7 — спилит-вариолитовой; 8 — пачки вулканомиктовых пород; 9 — колчеданные залежи; гидротермально-метасоматические изменения и контуры их распространения: 10 — серицит-хлорит-кварцевые, 11 — пропилитовые; 12 — разрывные нарушения; 76–126 — номера профилей разведочных скважин

щие литолого-стратиграфические уровни, горизонты вулканомиктовых пород с послойной вкрапленностью сульфидов, рудовмещающие и рудоконтролирующие палеовулканические структуры, надрудные геохимические ореолы. Так, Бурибайское, Учалинское, Старо-Сибеевское месторождения были открыты при изучении выходов на современный эрозионный срез бурожелезняковых образований их «железных шляп».

Эрозионный срез более глубокого уровня (IV) также вскрывает толщи продуктивной формации, зоны метасоматитов с вкрапленностью сульфидов и, на первый взгляд, все основные элементы модели. Однако на этом срезе преобладают пострудные базальтовые дифференциаты, метасоматиты имеют крутое (трубообразное) залегание, геохимические ореолы относятся к подрудным. Эти факты позволяют уверенно отнести такие площади в разряд бесперспективных.

Обстановки нахождения месторождений, испытывавших дислокации различной интенсивности, на рис. 1 отвечают положениям эрозионных срезов от V до XIII.

Исходя из модели, срезы V, VIII, XI и VII, X, XIII с крутонаклонным залеганием относятся к бесперспективным или малоперспективным обстановкам поисков. На срезах V, VIII и IX рудные залежи залегают достаточно глубоко и их поиски экономически не целесообразны; срезы VII, X и XIII вскрывают колчеданосные структуры в значительной мере эродированные. Наиболее интересны в практическом отношении эрозионные срезы VI, IX, XII. Именно в таких обстановках располагаются многие месторождения Урала. Среди них можно выделить следующие группы месторождений.

Наклонные залежи слабо преобразованы, сохраняют основные черты строения типовой модели. Такая обстановка отмечается на ряде колчеданных месторождений; она благоприятна для ведения поисков, поскольку на поверхности можно наблюдать важные элементы поисковой модели, в том числе прямые

поисковые признаки месторождений. В подобных обстановках вполне вероятно также обнаружение новых рудных залежей по падению рудоконтролирующих уровней (рис. 7).

Месторождение размещается на типовом уровне (граница основных и кислых дифференциатов рудоносной формации), характеризуется наличием трубообразных тел кварц-серицит-пиритовых метасоматитов рудоподводящего канала в подошве рудных залежей, сохраняет типовую рудную зональность.

Первые открытые рудные тела месторождения залежали на глубинах 30–60 м под перекрывающими

Рис. 8. Колчеданные объекты Среднего Урала:

месторождения: *а* — Левихинское, *б* — Дегтярское, *в* — Красногвардейское, *г* — им. III Интернационала; 1 — вулканы постколчеданной базальт-андезитобазальтовой формации; 2 — вулканы колчеданосной базальт-андезит-дацит-риолитовой

Рис. 9. Сопоставление площадей опоискования рудных полей в обстановках слабо- и интенсивно дислоцированных колчеданосных толщ:

1 — подрудные вулканиты основного состава; 2 — рудовмещающие вулканиты кислого состава; 3 — проекции рудных залежей на плоскость, параллельную поверхности рудоотложения (*a* — выявленных, *b* — не выявленных при данных условиях опоискования); 4 — экономически целесообразная глубина опоискования; 5 — опоискованная площадь рудного поля в дислоцированной обстановке; I — рудное поле в обстановке малых дислокаций Южного Урала; II — рудное поле в обстановке интенсивных дислокаций Среднего Урала; III — соотношение опоискованной площади рудного поля на Среднем Урале с аналогичной площадью на Южном Урале (вариант)

Еще один пример — Сибайское рудное поле. В его пределах по модельным построениям прогнозировалось возможное наличие на верхнем рудоносном уровне сближенных групп рудных залежей. В последние годы к северу от Сибайского месторождения на том же уровне выявлено Камаганское месторождение (оно уже разрабатывается), а в 2006 г. на его фланге — Северо-Сибайское проявление, разведываемое в настоящее время. Вместе с тем, прорабатывается вопрос о необходимости поисков на нижнем более глубоком уровне Сибайского рудного поля (500–700 м), перспективы которого не исчерпаны. Уже определены участки поисковых работ, которые сдерживает отсутствие финансирования.

Особенность условий ведения поисков в обстановках крутого (до вертикального и опрокинутого) залегания рудовмещающих пород и колчеданных залежей состоит в том, что ширина выхода рудовмещающих пород кислого состава на дневную поверхность, как правило, невелика и зависит от случайного положения плоскости эрозионного среза. В связи с этим рекомендуется прослеживание таких толщ по простиранию и падению в целях обнаружения раздувов мощностей, отвечающих синвулканическим рудовмещающим депрессиям или рудоносным экструживно-вулканокластическим постройкам. Уровни рудолокализации при этом достаточно полно могут быть опоискованы по простиранию, в то время как вскрытие их по падению ограничивается определенным уровнем глубин, доступных для изучения современными средствами геологоразведочных работ. Сопоставление размеров площадей рудоносных уровней в обстановках субгоризонтального и крутого залегания рудовмещающих толщ, которые технически доступны для опоискования (рис. 9), показало, что при крутом залегании лишь небольшая часть (10–50%) площади типового (для Южного Урала) рудного поля может экономически обоснованно характеризоваться по данным бурения. Поэтому перспективы интенсивно дислоцированных колчеданосных толщ заведомо ниже, чем у аналогичных толщ, не затронутых такими преобразованиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волчков А.Г. Геолого-поисковые модели медноколчеданных месторождений // Тр. ЦНИГРИ. 1988. Вып. 233. С. 34–38.
2. Месторождения колчеданного семейства / А.И.Кривцов, О.В.Минина, А.Г.Волчков и др. // Сер. Модели месторождений благородных и цветных металлов. ЦНИГРИ, 2002.