

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РУДНОГО АЛТАЯ

Ворошилов В.Г., Понитевский К.Л.

Проанализирована структура первичного геохимического поля северо-западной части Рудного Алтая. Выявлена геохимическая зональность региона, обусловленная приуроченностью его к гребневидному мантийно-коровому выступу. Исследована структура аномальных геохимических полей металлогенических единиц различного ранга, от рудных районов до конкретных рудных тел.

Изученная территория охватывает российскую часть Рудного Алтая и представляет собой блок, ограниченный с юго-запада и северо-востока Иртышской и Северо-Восточной зонами смятия, с юга – государственной границей. Северная граница исследованного района проходит по Захаровскому рудному полю. Колчеданно-полиметаллические месторождения региона относятся к трем рудным районам, окаймляющим северо-западную часть Алейского антиклинория: Змеиногорскому, Золотушинскому и Рубцовскому (рис. 1).

В ядре антиклинория обнажаются метаморфизованные терригенные отложения нижнего палеозоя, прорванные гранитоидными интрузиями каледонского и герцинского комплексов, крылья и периклинальное северо-западное замыкание сложены вулканогенно-осадочной толщей среднего-верхнего девона и терригенно-карбонатными отложениями нижнего карбона.

Колчеданно-полиметаллическое оруденение генетически связано со средне-верхнедевонской базальт-риолитовой формацией и локализовано на трех стратиграфических уровнях – в нижнеэфельских, живетских и нижнефранских отложениях. Месторождения и рудопроявления региона образуют практически непрерывный ряд подформаций единой колчеданно-полиметаллической формации (серно-колчеданная, медно-колчеданная, полиметаллически-колчеданная, колчеданно-полиметаллическая, барит-полиметаллическая, баритовая), в размещении которых отмечается вертикальная и латеральная зональность. В разрезе вулканогенного девона медно-колчеданные и полиметаллически-колчеданные месторождения приурочены, в основном, к эфельским и франским отложениям, полиметаллические и барит-полиметаллические – к живетским. По данным В.М. Чекалина [1] региональная латеральная зональность заключается в усложнении состава руд по мере приближения к Иртышской и Северо-Восточной зонам смятия. В наиболее удаленном от этих разломов Рубцовском районе развиты лишь полиметаллические и колчеданно-полиметаллические руды. С другой стороны, Золотушинский и Змеиногорский районы тяготеют к зонам смятия, но состав руд в них существенно различается. В частности, золото-серебро-содержащие руды характерны, в основном, для Змеиногорского рудного района и слабо проявлены в Золотушинском, где они имели промышленную значимость лишь на Крючковском месторождении.

В масштабах рудных полей месторождения обычно приурочены к бортам вулканотектонических депрессий, локализуясь в пределах локальных вулканических аппаратов или в непосредственной близости от них. При этом, по мере удаления от жерла, прожилковые руды сменяются сплошными и вкрапленными. В пределах конкретных месторождений, сложенных стратиформными рудными линзами, часто проявлена вертикальная зональность, когда состав руд меняется от нижних линз к верхним (по разрезу) от медно- и серноколчеданных, через полиметаллические, к барит-полиметаллическим (иногда с золотом и серебром).

Геохимическая зональность региона, конкретных рудных узлов и месторождений исследована нами с использованием данных по литогеохимическому картированию первичных ореолов, выполненному в разные годы Рудно-Алтайской экспедицией. Учитывая многочисленность и пестроту распределения моноэлементных надфоновых аномалий, для анализа структуры геохимических полей нами использованы закономерные сочетания ассоциаций элементов, выявленных R-методом факторного анализа, с вращением факторных осей. Моноэлементные аномалии имели при этом вспомогательное значение.

Для изученной площади в целом выделяется 4 фактора (ассоциации), вклад которых в общую дисперсию превышает 60%: 1) Ti, V, Mn, Co; 2) Pb, Zn, Ag, Cu; 3) Ni, Cr, Co; 4) Sn, Mn.

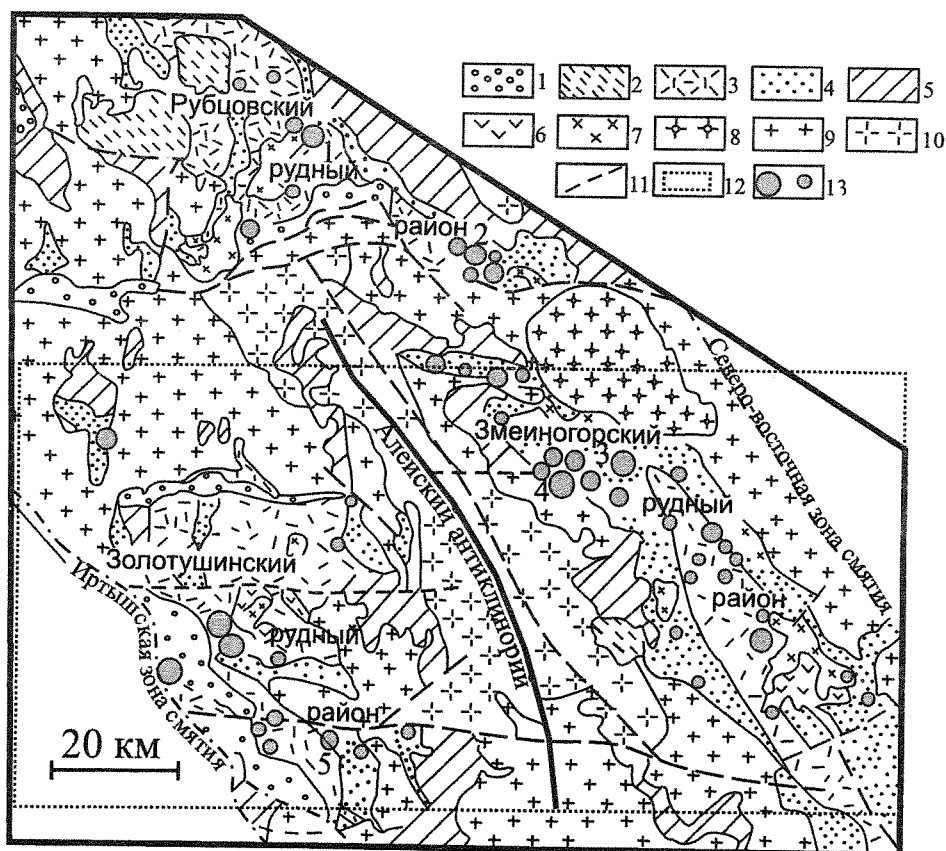


Рис. 1. Схематическая геологическая карта северно-западной части Рудного Алтая (по В.М. Чекалину [10]).

1 – терригенные отложения юры и карбона; 2 – верхний девон – нижний карбон (вулканы кислого состава, алевриты, песчаники); 3 – франско-фаменские отложения верхнего девона (алевриты, песчаники, вулканы кислого, реже основного состава); 4 – эйфельско-живетские отложения среднего девона (алевриты, туфопесчаники, вулканы кислого, реже основного состава); 5 – метаморфические сланцы нижнего палеозоя; 6 – диабазовые порфиры; 7 – риолитовые порфиры; 8 – граниты калбинского комплекса; 9 – гранитоиды змеиногорского комплекса (габбро, граниты, гранитоиды); 10 – каледонский габбро-плагิโอгранитный комплекс; 11 – разрывные нарушения; 12 – контур участка, показанного на рис. 2; 13 – колчеданно-полиметаллические месторождения и рудопроявления (в том числе 1 – Захаровское, 2 – Таловское, 3 – Корбалихинское, 4 – Зареченское, 5 – Юбилейное).

Геометризация вычисленных значений факторов проведена с использованием процедуры универсального крайгинга. Полученная картина свидетельствует о проявлении в регионе отчетливой латеральной геохимической зональности (рис. 2).

Ядерная часть региональной геохимической структуры, фиксируемая ассоциацией Sn, Mn (сюда же тяготеют аномалии Mo) пространственно отвечает эпицентрам кислого и умеренно-кислого вулканизма Золотушинского рудного района, где в эйфельских отложениях широко развиты разнообразные типы руд, в том числе серно- и медно-колчеданные. Во фронтальной зоне, для которой характерна ассоциация Ni, Cr, Co в этих же толщах локализованы золото-серебро-барит-полиметаллические месторождения Змеиногорского района, а в живетско-франских отложениях более широко развит базальтоидный вулканизм. Промежуточная зона региональной геохимической структуры пространственно ассоциирует с Алейским антиклинорием. Здесь концентрации всех элементов пониженные, локальные аномалии отмечаются только в участках пересечения антиклинория поперечными субширотными и северо-восточными разрывами. К этим же разрывам приурочены региональные аномалии ассоциации Ti, V, Mn, Co. Учитывая то, что ассоциация Pb, Zn, Ag, Cu, фиксирующая полиметаллическое оруденение, приурочена к пересечению ядерной и фронтальной зон теми же поперечными структурами, последние можно считать рудоконтролирующими (рис. 2).

Причины выявленной зональности, очевидно, следует искать в глубинном строении ре-

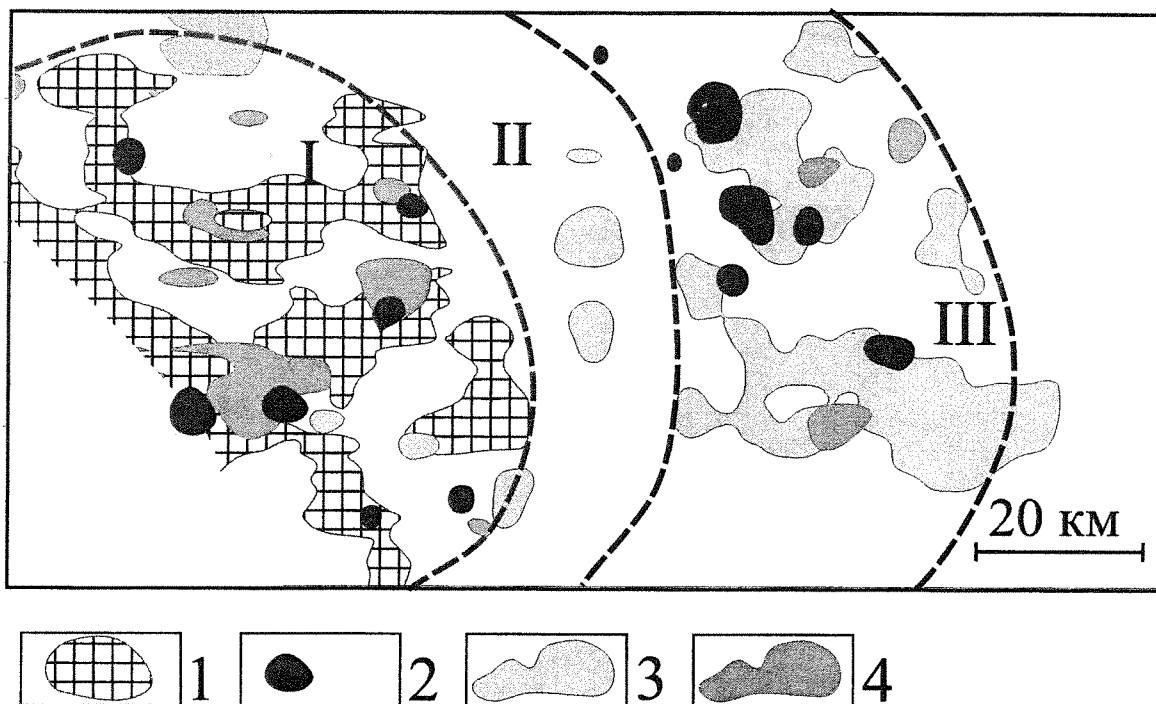


Рис. 2. Геохимическая зональность Золотушинского и Змеиногорского рудных районов.
1-4 – геохимические ассоциации элементов: 1 – Ti, V, Mn, Co; 2 – Pb, Zn, Ag, Cu; 3 – Ni, Cr, Co; 4 – Sn, Mn, Mo; I-III – региональные геохимические зоны: I – ядерная, II – промежуточная, III – фронтальная.

гиона. Судя по сейсмическим данным, поверхность Конрада образует выступ в районе Алейского антиклинория и находится здесь на глубине 20-22 км, а поверхность Мохо – на глубине 40-42 км (рис. 3). По направлению к Северо-Восточной и Иртышской зонам смятия эти цифры увеличиваются, соответственно, до 26-28 км и до 45-47 км, достигая максимума в районе Лениногорска. Таким образом, металлогеническая зона Рудного Алтая в целом приурочена к

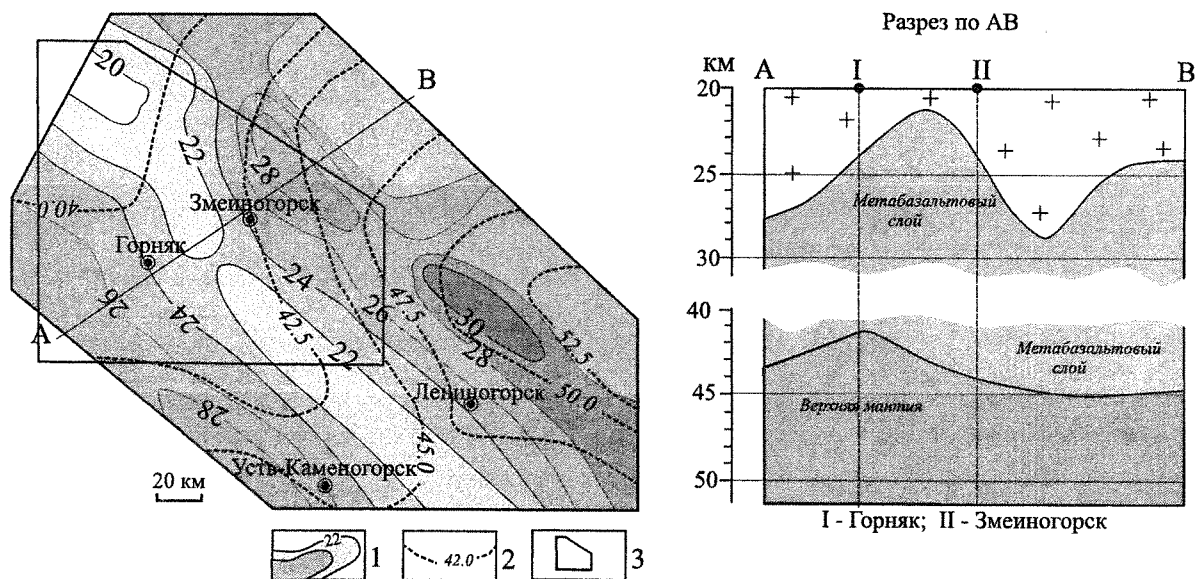


Рис. 3. Глубинное строение Рудного Алтая по сейсмическим данным (по [11]).
1 – изолинии глубин залегания поверхности Конрада; 2 – изолинии глубин залегания поверхности Мохо; 3 – контур участка, показанного на рис. 1.

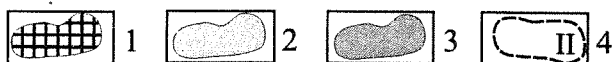
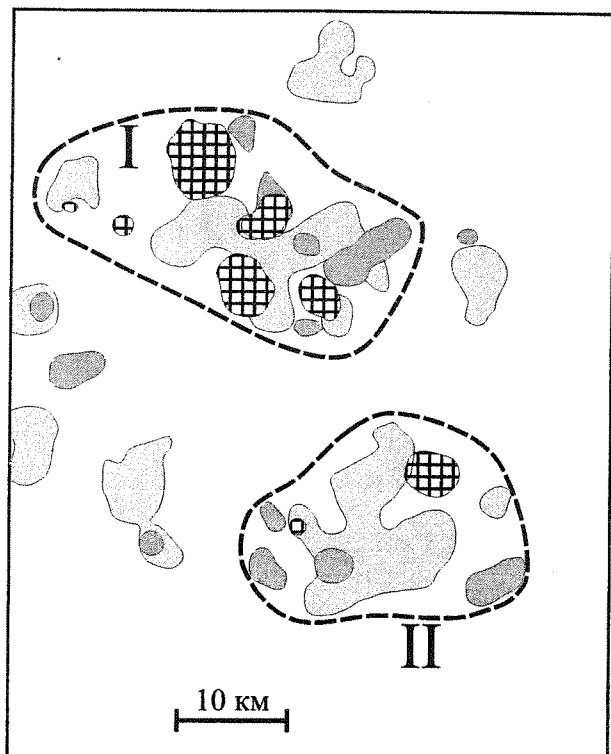


Рис. 4. Геохимическая зональность рудных узлов.
1-3 – участки распространения геохимических ассоциаций: 1 – Mn, Zn, Ag, Cr; 2 – Cr, Ni, Co; 3 – Sn, Mo; 4 – контуры геохимических структур соответствующих узлов: I – Змеиногорскому, II – Верхнеалейскому.

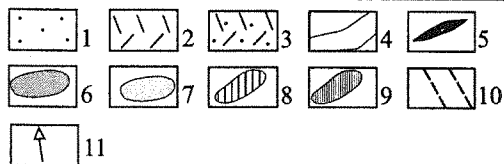
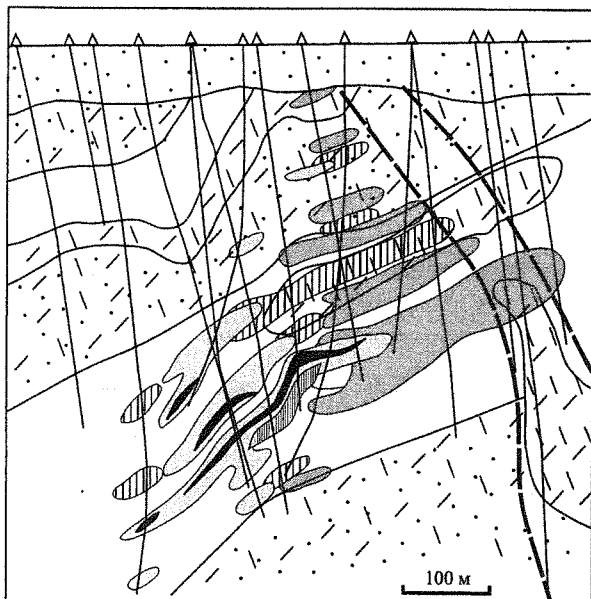


Рис. 5. Геолого-геохимический разрез через Таловское месторождение.

1 – рыхлые отложения; 2 – риолитовые порфиры; 3 – туфы кислого состава; 4 – рудовмещающая толща алевропелитов, алевролитов; 5 – полиметаллические рудные тела; 6-9 – геохимические ассоциации элементов: 6 – Ti, V, Mn, Co; 7 – Pb, Zn, Cu, Ba; 8 – Ag, As; 9 – Mo; 10 – предполагаемый рудоподводящий канал; 11 – буровые скважины.

гребневидному мантийно-коровому Рудно-Алтайскому выступу, который фиксируется также интенсивными региональными положительными аномалиями гравитационного и магнитного полей [2, 3]. В то же время, ось мантийного выступа смещена относительно выступа метабазальтового слоя на 15-20 км к юго-западу. В результате в Золотушинском рудном районе граница верхней мантии на 1-1,5 км ближе к поверхности, чем в Змеиногорском, а Золотушинское рудное поле расположено фактически над осью мантийного выступа. Этим, очевидно, и обусловлена выявленная в регионе геохимическая и рудная зональность. Интенсивность и разнообразие ее проявления в конкретных рудных районах и полях обусловлены проницаемостью рудоконтролирующих субширотных и юго-западных разломов и в определенной мере, конечно, связаны с расстоянием от региональных зон смятия, как это подмечено В.М.Чекалиным [1]. Однако, главной причиной упрощения состава руд в Рубцовском рудном районе (исчезновение "мантийного" серно-колчеданного и медно-колчеданного оруденения и общее затухание рудного процесса в северо-западном направлении) следует, видимо, считать постепенное выполаживание в этом направлении мантийного выступа (рис. 3).

Отдельные рудные узлы, приуроченные к крупным вулканотектоническим депрессиям, фиксируются в геохимическом поле закономерным сочетанием выделенных ассоциаций. На рис. 4 показано строение аномального геохимического поля Змеиногорского рудного узла. В центральной части структуры развита ассоциация Cr, Ni, Co, фиксирующая центр базальтоидного вулканизма. Здесь же, ближе к периферии, отмечаются более локальные аномалии ассоциации Sn, Mo, отвечаю-

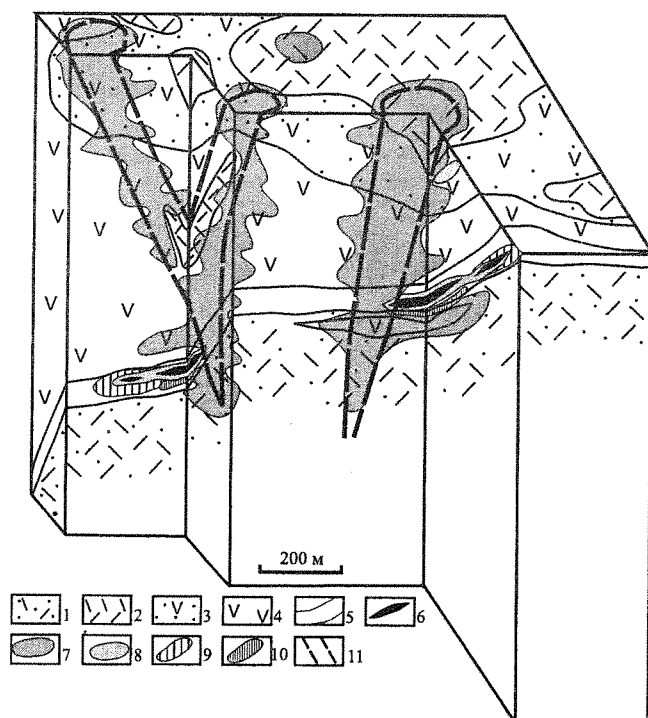


Рис. 6. Схематическая геолого-геохимическая модель Корбалихинского месторождения.

1 – кислые туфы; 2 – риолитовые порфиры; 3 – переслаивание туфов основного состава и алевролитов; 4 – базальты; 5 – рудовмещающая пачка алевролитов и алевропелитов; 6 – рудные тела; 7-10 – геохимические ассоциации: 7 – Ti, V, CO, Mn; 8 – Pb, Zn, Cu, Ba; 9 – Ag, As; 10 – Mo; 11 – предполагаемые рудоподводящие каналы.

рождении, сложенном достаточно однотипными в геохимическом отношении породами: алевролитами, алевропелитами, туфами и лавами риолитов. Оруденение представлено несколькими субсогласными линзами колчеданно-полиметаллического состава среди метасоматически измененных алевролитов [5]. Нетрудно убедиться, что зональность АГП развивается относительно штокообразного тела риолитовых порфиров, очевидно, фиксирующих рудоподводящий канал (рис. 5). По мере удаления от этого канала геохимические ассоциации, сменяются в последовательности Ti, V, Mn, Co – Pb, Zn, Cu, Ba, Ag, As. Каждая рудная линза сопровождается своей аномальной структурой геохимического поля (АСГП), причем масштаб оруденения в каждом случае пропорционален интенсивности развития «породной» ассоциации Ti, V, Mn, Co. Мышьяк и серебро тяготеют к флангам рудных тел и в целом более характерны для верхней части разреза. Мо приурочен к нижним частям рудных линз, причем количество его также пропорционально масштабам оруденения. Состав главной рудной ассоциации от нижних АСГП к верхним меняется в последовательности Pb, Zn, Cu – Pb, Zn, Ba – Ba, Pb, Zn – Ba. Вследствие различий в составе отдельных АСГП, для месторождения в целом Ba, Ag, As являются верхнерудными элементами. Следует заметить, что в риолитах жерловой фации концентрация Mo, Pb, Zn, Cu, Ba нередко повышена (5-10 кларков), что связано, очевидно, с поздней прожилковой минерализацией и может использоваться для прослеживания рудоподводящих каналов.

Крупное по запасам Корбалихинское месторождение является наиболее перспективным объектом региона. Оно детально разведано в 80-е годы и в эксплуатацию еще не вовлекалось. Геологический разрез месторождения представлен переслаивающимися вулканогенными и осадочными отложениями давыдовской и каменевской свит среднего-верхнего девона. Оруденение локализовано в нижней пачке каменевской свиты, сложенной переслаивающимися

щей кислым эффузивам конкретных вулканических аппаратов. К участкам сопряжения этих двух ассоциаций приурочены аномалии Pb, Zn, Cu, Co, фиксирующие рудные поля и месторождения. Можно отметить, что при общем периферическом положении месторождений в геохимической структуре рудного узла золото-серебро-содержащие месторождения находятся на максимальном удалении от ее центра.

Подобное же пространственное положение характерно для золото-серебро-содержащих месторождений и в пределах рудных полей. Центры геохимических структур сложены в этом случае ассоциацией Mo, Ba, Sn (кислые вулканы), которая окаймляется ассоциацией Co, Cr, Ni (основные вулканы и дайки). По периферии структуры локализуются полиметаллические, еще дальше – золото-серебро-содержащие месторождения [4].

Ниже рассматривается строение аномальных геохимических полей (АГП) ряда месторождений региона. При сходных, в целом, условиях формирования, каждое месторождение в своем роде неповторимо, поэтому их АГП имеют как общие черты, так и индивидуальные особенности.

Наиболее отчетливо структура АГП проявлена на Таловском место-

алевропелитами, туфопесчаниками, кислыми туфами, перекрывающими толщу риолитов да-
выдовской свиты. Рудовмещающая пачка последовательно перекрыта толщей лав и лавоб-
рекчий базальтов (80-400 м), пачкой переслаивающихся алевропелитов и вулканитов основ-
ного и кислого состава (100-700 м) и горизонтом вулканитов риолит-дацитового состава (более
500 м). Субвулканические тела кислого и основного состава развиты очень широко, имеют
как согласные, так и секущие контакты с вмещающими породами.

Оруденение сформировано в несколько этапов [6]. Вначале, после завершения вулкани-
ческого цикла, сформировавшего подрудную толщу риолитов, образовались тонкозернистые
гидротермально-осадочные полиметаллические руды. При последующем разрушении облом-
ки их перемещались в юго-восточном направлении, где сформировались брекчиевые руды.
Излившиеся на втором этапе вулканизма базальтовые лавы также захватывали обломки руд,
которые часто встречаются в подошве лавового потока. Затухание базальтоидного вулканиз-
ма сопровождалось гидротермальной деятельностью и формированием серно-колчеданного и
медно-колчеданного оруденения, наложенного, в основном, на дробленые руды 1-го этапа.
После завершения 3-го цикла вулканизма риолитового состава проявилось прожилковое и
вкрапленное полиметаллическое и барит-полиметаллическое непромышленное оруденение,
которое развито, в основном, в юго-восточной части месторождения. Сопровождающие оруде-
нение метасоматиты 1-го этапа имеют серицит-хлоритовый и серицит-кварц-хлоритовый со-
став и характерны для подрудной части. Серицит-кварцевые, серицит-кварцево-хлоритовые
и карбонатные метасоматиты 2-го этапа имеют большую мощность и окаймляют рудные тела
как снизу, так и сверху. К периферии рудных тел в метасоматитах возрастает роль серицита
и карбоната и снижается – хлорита [7].

Таким образом, руды первого этапа имеют признаки гидротермально-осадочного проис-
хождения, минерализация 2-го и 3-го этапов чисто гидротермальная. И.В. Гаськов с соавтора-
ми [7], на основе исследования изотопного состава серы сульфидов ($d^{34}S$ колеблется в узких
пределах от 0 до +4) пришли к выводу о формировании всех рудных тел Корбалихинского ме-
сторождения гидротермально-

метасоматическим путем, без
участия морских вод, которые
«выдавливались» из зоны рудо-
отложения более тяжелыми
рудными флюидами. С этим
выводом трудно согласиться. В
современных аналогах рудно-
алтайских месторождений,
формирующихся сейчас на
морском дне, состав газовой-
жидких включений в рудных
минералах близок к морской
воде, что свидетельствует о ее
широком участии в рудном про-
цессе [7]. Участие морских и ва-

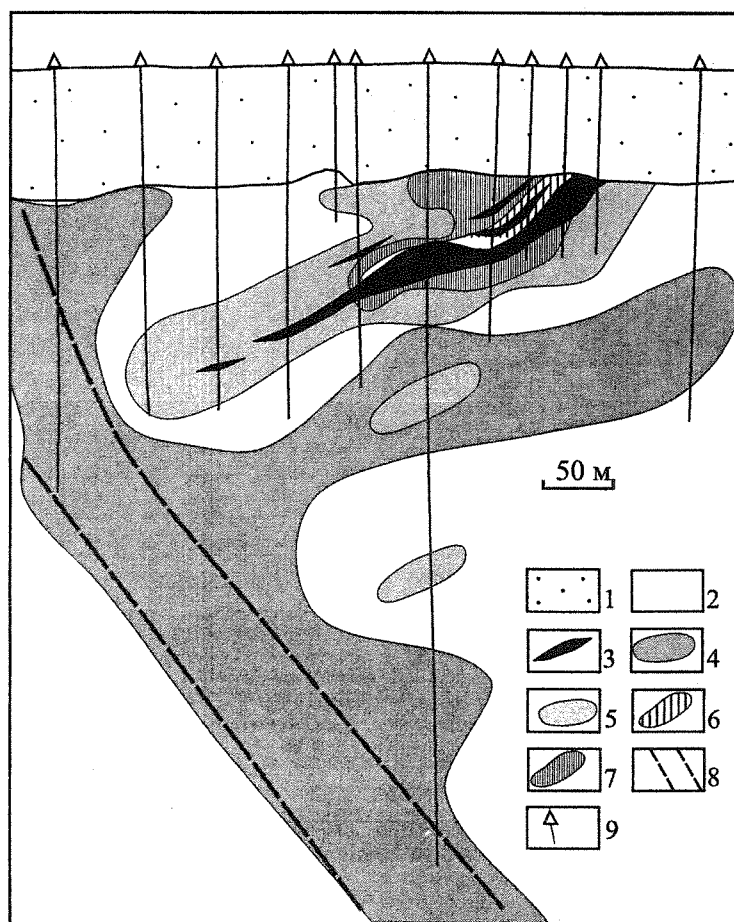


Рис. 7. Схематический геолого-геохимический разрез через Захаровское месторождение.

1 – рыхлые отложения; 2 – рудовмещающая толща алевролитов; 3 – линзы колчеданно-полиметаллических руд; 4-7 – участки распространения геохимических ассоциаций: 4 – Ti, V, Mn, Mo; 5 – Pb, Zn, Cu; 6 – Ag, Ba; 7 – Co, Ni; 8 – предполагаемый рудоподводящий канал; 9 – буровые скважины

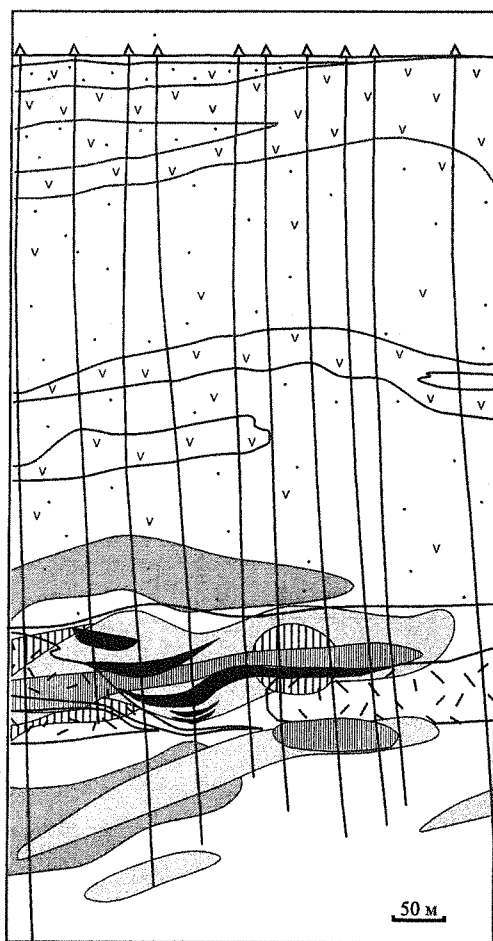


Рис. 8. Геолого-геохимический разрез через Юбилейное месторождение.

Условные обозначения на рис. 6

длящим каналам здесь тяготеют многочисленные малококонтрастные аномалии Mo, Pb, Zn, Cu, Ba, Ag, связанные с поздней прожилковой минерализацией.

Захаровское месторождение локализовано в однородной толще алевролитов с редкими прослоями песчаников и кислых туфов, то есть влияние состава вмещающих пород на структуру геохимического поля здесь минимально. В отличие от других месторождений, околорудные кварцево-карбонат-хлоритовые и серицит-кварцевые метасоматиты пространственно совмещены, зональности в их размещении не установлено. Рудное тело локализовано во внутренней, наиболее интенсивной зоне метасоматоза. Во внешних зонах, в лежащем и висячем боках рудного тела развита пиритизация. Собственно полиметаллические руды развиты в центральной части рудного тела, к периферии они сменяются колчеданными. Оруденение сформировано гидротермально-метасоматическим путем на глубине нескольких десятков метров [7].

Структура геохимического поля месторождения выражена достаточно отчетливо и сходна с вышерассмотренными (рис. 7). Ассоциация Ti, V, Mn, вместе с локальными аномалиями Mo маркирует предполагаемый рудоподводящий канал и частично окаймляет рудное тело с лежащего и висячего боков. Ассоциация Pb, Zn, Cu повторяет в увеличенном виде контур рудного тела, причем зональности во взаимном размещении этих элементов не установлено. Ba и Ag развиты слабо и тяготеют к центральной части залежи, к ее верхним линзам. Концентрация As не выходит за пределы чувствительности спектрального анализа. Особенностью Захаровского месторождения является то, что руды его выходят на дочетвертичную поверхность и в значительной степени окислены. Повышенные содержания в окисленных рудах Ni и Co определяют необычное положение этих элементов в структуре АГП – внутри ореола ассо-

дозовых вод в конвективных гидротермальных системах, имеющих выход на поверхность, трудно исключить, исходя даже из обычных законов физики. Не случайно, следы этого участия, причем весьма масштабного, обнаруживаются на многих гидротермальных месторождениях [8, 9]. Что же касается изотопного состава серы сульфидов, то на него влияет слишком много факторов, к тому же далеко не всегда он отражает изотопный состав серы в исходном растворе. Как экспериментально установлено Х.Омото, сульфиды с $d^{34}\text{S}$ от +8 до -6 могут выпадать из раствора с $d^{34}\text{S} = +20$, что соответствует сере морской воды [10].

Аномальное геохимическое поле Корбалихинского месторождения представлено двумя достаточно обособленными структурами, пространственно ассоциирующими с северо-западной и юго-восточной рудными залежами. Эпицентры их фиксируются крутопадающими столбообразными аномалиями Ti, V, Mn, Co, очевидно, маркирующими долгоживущие рудоподводящие каналы (рис. 6). Нередко в их пределах развиты субвулканические тела риолитовых порфиров. Рудные тела приурочены к пересечению этих каналов с горизонтом переслаивающихся алевропелитов и кислых туфов. Зональность отложения рудных ассоциаций сходна с таковой на Таловском месторождении. Различие заключается в менее интенсивном проявлении ассоциации Ag, As. Влияние базальтоидного вулканизма проявилось в более масштабном развитии аномалий Ti, V, Co, Cr, Ni, а также в повышенной относительной роли Cu в составе полиметаллической ассоциации. Как и на Таловском месторождении, к рудоподво-

циации Cu, Pb, Zn, Ba.

Юбилейное месторождение колчеданно-полиметаллических руд приурочено к северо-западному крылу Сургутановской антиклинали и локализовано в пределах вулканогенно-осадочной толщи верхнекаменевской подсвиты позднего девона [7, 12]. Внутри толщи широко распространены субвулканические тела риолит-порфиров. Породы рудовмещающей пачки (алевролиты, песчаники, риолиты) превращены в хлоритовые, кварцево-серицит-хлоритовые и хлорит-карбонатные метасоматиты, которые к периферии рудной зоны сменяются на серицит-кварцевые метасоматиты, переходящие в слабо измененные породы. По составу руды относятся к полиметаллической подформации, при этом выделяется несколько типов руд, от цинково-свинцовых до медных. В целом для месторождения зональность в размещении типов руд проявлена слабо, но для отдельных рудных линз она устанавливается достаточно отчетливо: колчеданные и медно-колчеданные руды тяготеют к основанию залежей, полиметаллические и барит-полиметаллические – к их верхним частям.

Как и на Таловском месторождении, в формировании АСГП Юбилейного месторождения большую роль сыграли субвулканические интрузии риолит-порфиров. К их контактам приурочены аномалии Cr, V, Ni, Co, Mn, окаймляющие рудные тела с лежащего и висячего боков (рис. 8). В состав полиметаллической ассоциации на уровне промышленного оруденения входят Pb, Zn, Cu, Ba, Ni, Ag, As, причем Ag и As тяготеют к выклиниванию рудных линз, а Ba к их верхней части. С глубиной состав ассоциации упрощается, исчезают вначале Ba, As, Ag, Pb, еще ниже остается только Cu. Максимальные концентрации Mo, как и на Таловском месторождении, приурочены к лежащему боку рудных линз.

Зареченское месторождение золото-серебро-барит-полиметаллических руд входит в состав Змеиногорско-Зареченского рудного поля. Представляет собой вертикально поставленный тектонический блок, зажатый среди раннепалеозойских метаморфических пород. В генетическом отношении является частью Среднего полиметаллического месторождения, с которым они до начала складчатости составляли единый объект [13]. Рудовмещающая толща сложена алевролитами и кислыми туфами верхнемельничной подсвиты среднего девона [2].

В составе руд преобладает барит-полиметаллический тип. В отличие от других рассмотренных месторождений, в рудах, помимо галенита, барита, сфалерита, халькопирита, широко развит арсенопирит, в промышленных концентрациях содержатся золото и серебро.

Структура геохимического поля Зареченского месторождения достаточно своеобразна. Поскольку месторождение представляет собой изолированный тектонический блок, рудоподводящий канал в геохимическом поле не выявляется. Повышенные концентрации Ti, V, Co фиксируют только на выклинивании рудного тела по простиранию (в современном залегании – по падению), в его лежащем боку (рис. 9). Очевидно, рудоподводящий канал располагался дальше по простиранию рудного тела. Исходя из палеотектонических реконструкций и характера оруденения таким

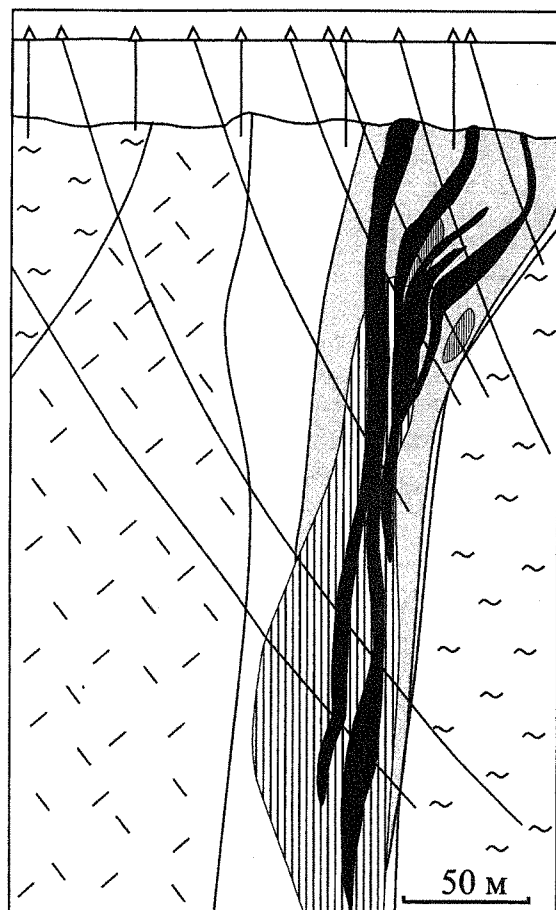


Рис. 9. Геолого-геохимический разрез через Зареченское месторождение золото-серебро-полиметаллических руд (по данным Рудно-Алтайской экспедиции).

1 – рыхлые отложения; 2 – риолитовые порфиры; 3 – рудовмещающая пачка алевролитов и кислых туфов; 4 – метаморфические сланцы нижнего палеозоя.

каналом могло являться само Среднее полиметаллическое месторождение, где развиты прожилково-вкрапленные руды. В отличие от других рассмотренных месторождений, на Зареченском более интенсивно развиты ореолы Ba, As, Ag. При этом Ba распространен на всем интервале оруденения, а As и Ag тяготеют к выклинивающейся части рудного тела. Внутри ассоциации Cu, Pb, Zn зональности не устанавливается. В целом вверх по разрезу относительная роль Ba в составе оруденения увеличивается а Pb, Zn, Cu уменьшается. Аномалии Mo, как и на других месторождениях, приурочены к раздувам рудных тел, но тяготеют к надрудной части.

Выводы

1. Геохимическая зональность Рудно-Алтайского региона обусловлена приуроченностью его к гребневидному мантийно-коровому выступу. Ядерная часть геохимической структуры фиксируется аномальными концентрациями Sn, Mo, Mn, фронтальная – Cr, Ni, Co. Рудные узлы приурочены к пересечению ядерной и фронтальной зон поперечными рудоконтролирующими структурами, которые фиксируются ассоциацией Ti, V, Co, Mn. При этом золотосодержащие месторождения характерны для фронтальной зоны.

2. Рудные узлы фиксируются достаточно компактными участками пространственного совмещения нескольких ассоциаций. В центре АСГП развита ассоциация Cr, Ni, Co, Ti, V, Mn, в целом соответствующая контуру палеовулканической депрессии. По периферии развиты более локальные аномалии Sn, Mo, отвечающие вулканическим постройкам, с ними же соседствует ассоциация Pb, Zn, Ag, Cu фиксирующая колчеданно-полиметаллические рудные поля. Золотосодержащие объекты наиболее удалены от центра геохимической структуры.

3. АСГП ранга месторождений являются асимметричными. Геохимическая зональность развивается относительно долгоживущих рудоподводящих каналов, которые в ряде случаев маркируются субвулканическими интрузиями кислого, реже основного состава. Сами каналы фиксируются ассоциацией Ti, V, Mn, Co, нередко локальными малоинтенсивными аномалиями Mo, Pb, Zn, Cu, Ba, связанными с прожилковой минерализацией. По мере удаления от подводящих каналов ассоциация Ti, V, Mn, Co сменяется на Pb, Zn, Cu, Ba, Ag, As. Внутри последней ассоциации часто проявляется концентрическая зональность выражающаяся в приуроченности Ag и As к периферии рудных линз. Стадийная составляющая зональности проявляется в специфичности состава аномалий рудной ассоциации, отвечающих конкретным рудным телам. В целом вверх по разрезу роль Ba, Ag, As в составе рудной ассоциации возрастает, а Cu, Zn, Pb убывает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чекалин В.М. Основные закономерности размещения и принципиальная модель формирования колчеданно-полиметаллических месторождений северо-западной части Рудного Алтая // Геология и геофизика, 1991. № 10. С. 75-89.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Серия Алтайская. Лист М-44-XI (Российская часть). Объяснительная записка / Мурзин О.В., Чекалин В.М., Сыроежко Н.В. и др. 1999. 130 с.
3. Щерба Г.И., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П. Металлогения Рудного Алтая и Калбы. Алма-Ата: Наука. 1984. 238 с.
4. Ворошилов В.Г., Мурзин О.В., Горшечников В.И., Понитевский К.Л., Ананьев Ю.С. О структурах геохимических полей золоторудных и золотосодержащих месторождений Рудного Алтая // 300 лет горно-геологической службе России: история горно-рудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые Алтая. Барнаул. 2000. с. 307-312.
5. Чекалин В.М. Геолого-генетическая модель полиметаллических месторождений Таловского рудного поля (Рудный Алтай) // Генетические модели эндогенных рудных формаций. Т.2. Новосибирск: Наука, 1983. С. 87-95.
6. Чекалин В.М. Геолого-генетическая модель Корбалихинского месторождения полиметаллических и колчеданных руд на Рудном Алтае // Геология и геофизика, 1985. № 8. С. 78-91.
7. Гаськов И.В., Дистанов Э.Г., Миронова Н.Ю., Чекалин В.М. Колчеданно-полиметал-

лические месторождения верхнего девона северо-западной части Рудного Алтая. Новосибирск: Наука, 1991. 121 с.

8. Ельянова Е.А., Зорина Ю.Г. Современные месторождения типа Куроко в подводной кальдере у берегов Японии // Руды и металлы, 1999. № 4. С. 78-80.

9. Criss R.E., Taylor H.P. An $^{180}/^{160}$ and D/H study of Tertiary hydrothermal systems in the southern half of the Idaho batholith // Bull. Geol. Soc. Amer. 1983. Vol. 94. P. 640-663.

10. Hawkesworth C.I., Morrison M.A. A reduction in $^{87}Sr/^{86}Sr$ during basalt alteration // Nature, 1978. Vol. 276. P. 381-383.

11. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра. 1990. 248 с.

12. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Серия Алтайская. Лист М-44-Х (Российская часть). Объяснительная записка / Мурзин О.В., Горшечников В.И., Жданов В.А. и др., 2000. - 137 с.

13. Чекалин В.М., Королев Г.Г. Геолого-генетическая модель Среднего и Зареченского месторождений полиметаллических и барит-полиметаллических руд на Рудном Алтае // Рудообразование и генетические модели рудных формаций. Новосибирск: Наука. 1988. С. 89-98.

УДК 553.411.491.493

КОМПЛЕКСНЫЕ ЗОЛОТО-ПЛАТИНОИДНО-РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ – РЕЗЕРВ XXI ВЕКА

Коробейников А.Ф.

В настоящее время базовыми месторождениями для промышленности драгоценных и редких металлов служат однометалльные золотые, платиновые и редкометалльные объекты. Но среди ряда рудных месторождений геологи начали выявлять промышленно важные комплексные месторождения с золото-платиноидно-редкометалльными ассоциациями. Они могут внести значительный вклад в развитие минерально-сырьевой базы страны в настоящем столетии. Для реализации промышленного потенциала таких новых нетрадиционных рудных объектов необходимо усилить дальнейшие комплексные минералого-геохимические и технологические исследования.

Введение

Сегодня основу промышленности драгоценных и редких металлов страны составляют отдельные месторождения золота, платиновых и редких металлов. Из них собственно золоторудные месторождения представлены магматогенно-гидротермальными, метаморфогенно-гидротермальными; платиноидные-магматогенными; редкометалльные (Ta, Nb, Sn, W, Mo, Bi, Te, Re) – магматогенно-гидротермальными. Однако среди ряда таких рудных объектов начинают геологи выявлять нетрадиционные месторождения, содержащие комплексные золото-платиноидно-редкометалльные руды промышленного значения. В этих месторождениях золото, серебро, платиновые и редкие металлы являются или главными, или сопутствующими второстепенными компонентами разных типов руд. Нарастающие потребности в минеральном сырье и истощаемость минеральных ресурсов требуют рационального использования полезных ископаемых для успешного развития общества. Возникает необходимость более полного извлечения всех компонентов из минерального сырья при минимальном объеме его извлечения из недр. Все это требует комплексного подхода к геолого-промышленным исследованиям рудных объектов с целью выявления и полного извлечения не только главных, но и второстепенных сопутствующих элементов разных типов руд, имеющих важное промышленное значение [1].

Новыми источниками для расширения и укрепления минерально-сырьевой базы благородных и редких металлов России в XXI веке могут явиться комплексные золото-платино-редкометалльные руды скарнового, кварцево-сульфидного, порфирирового, колчеданного, сульфидно-черносланцевого, сульфидно-цейхштейнового, океанско-железо-марганцевого и сульфидного, а также техногенного типов.

Постоянно растущее потребление благородных и редких металлов во многих отраслях промышленности и новейших технологиях позволило отнести их к полезным ископаемым