

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ РУДООБРАЗУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В БУРИБАЙСКОМ РУДНОМ РАЙОНЕ В ЗОНАХ ПРОПИЛИТИЗАЦИИ И ОКИСЛИТЕЛЬНОГО ДИАГЕНЕЗА

Изучены геохимические особенности Бурибайского вулканического комплекса позднеэмского возраста. Комплекс состоит из трех толщ: нижней долерито-базальтовой, средней — пиллоу-базальтовой и верхней базальт-риодацитов. Колчеданное оруденение приурочено к верхам разреза средней толщи пиллоу-базальтов и к верхней базальт-риодацитовой толще.

В работе использованы количественные аналитические материалы авторов, анализы проводились в химических лабораториях ИГЕМ (г. Москва) — ICPMS и рентгено-флюоресцентный, ГЕОХИ (г. Москва) — нейтронно-активационный, Институт геологии (г. Уфа) — полный силикатный анализ и атомно-абсорбционный анализ рудогенных элементов. Используются также опубликованные аналитические материалы [Spadea et al., 1998, 2002; Зайков и др., 2002].

Вулканогенные толщи Бурибайского комплекса подвержены метаморфическим и метасоматическим преобразованиям нескольких этапов и типов, главными среди которых являются следующие: 1) автометаморфизм и гальмиролиз; 2) диагенез; 3) региональный метаморфизм (погружения) эпидот-актинолитовой, прениит-пумпеллиитовой и целолитовой фаций; 4) пропилиитизация, генетически связанная с рудным процессом [Захарова, 1975; Прокин, 1977; Кривцов, 1979; Серавкин, 1986].

Метаморфические изменения перечисленных типов в колчеданосных формациях проявились крайне неравномерно. Наиболее четко выделяются мощные ореолы окolorудных изменений серицит-хлорит-кварцевой и пропилиитовой формации, окаймляющие колчеданные месторождения. Вторичные изменения фаций диагенеза и метаморфизма погружения образуют мозаичные ореолы, включающие макро- и микроблоки различной и смешанной фациальной метаморфической принадлежности. Особенно наглядны в этом отношении отдельные «подушки» лавовых потоков пиллоу-базальтов Бурибайского комплекса в разрезах по р. Таналык у д. Хворостянки и в геологическом разрезе по руч. Шанхай, где расположено и одноименное рудопроявление. В верхней части разреза второй толщи Бурибайского вулканического комплекса в отдельных подушках установлена ассоциация вторичных минералов следующего состава: альбит — актинолит — эпидот — хлорит — кварц — пумпеллиит — селадонит — гематит — карбонат. Селадонит вместе с гематитом иногда тяготеет к внешней зоне подушек, включая и стекловатую корку, что

можно рассматривать как реликт этапа окислительного диагенеза. Кварц и карбонат являются сквозными минералами для всех зон подушек, иногда вместе с хлоритом, слагают центральную часть подушек. Эпидот и актинолит, пумпеллиит и прениит, вероятно, фиксируют этапы метаморфизма погружения соответствующих фаций.

В единичных случаях в слабо измененных подушечных вариолитах вместе с альбитом, кварцем, гематитом и магматическим пироксеном двух генераций обнаруживаются скопления мелких зерен гидрограната, фиксирующего, возможно, этап высокотемпературного гидротермального метаморфизма.

На участке Шанхай в ореоле пропилиитовых изменений вокруг одноименного рудопроявления преобладает ассоциация вторичных минералов, включающих эпидот, хлорит, альбит, актинолит, кварц, довольно часто, а близ рудопроявления всегда, присутствует пирит и, возможно, сфалерит.

Таким образом, мы имеем возможность сравнить две метаморфо-метасоматические зоны, одна из которых (разрез по р. Таналык) является областью преимущественно метаморфизма погружения и окислительного диагенеза, вторая — областью колчеданного рудопроявления с окаймляющей его зоной серицитизации — хлоритизации и пропилиитизации. В рамках конвективной модели колчеданообразования район рудопроявления Шанхай представляет собой центральную часть конвективной ячейки с восходящим гидротермальным потоком, а фрагмент геологического разреза по р. Таналык характеризует область нисходящего потока морских вод.

СООТНОШЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ K_2O , Cu И Zn НА УЧАСТКЕ ШАНХАЙ И В ВУЛКАНИТАХ УЧАСТКА ХВОРОСТЯНКА

Известно, что K — типичный некогерентный литофильный элемент, который почти не входит в ранние магматические кристаллические фазы, а обычно накапливается в остаточных расплавах. В ходе эволюции магм с участием кристаллизационной дифференциации, он обогащает остаточные расплавы, фиксируясь затем в поздних калиевых полевых шпатах или концентрируясь в вулканическом стекле. При метаморфических и метасоматических преобразованиях K обладает высокой подвижностью, в связи с чем может служить репером химической направленности вторичных изменений. Рудообразующие элементы Cu и Zn , рассматриваемые в работе, заметно отличаются один от другого геохимическими свойствами. Эти особенности,

рассмотренные в работах Т.И. Фроловой и др. [1974] и В.С. Карпухиной и Э.Н. Баранова [1983], прежде всего связаны с тем, что Cu и Zn концентрируются в различных минеральных фазах. Медь накапливается в остаточных расплавах и фиксируется в вулканическом стекле. В связи с этим, уже начиная с процесса девитрификации стекла и гальмиролиза, K и Cu становятся активными участниками химических преобразований вулканических пород. Цинк, в отличие от меди, фиксируется в темноцветных минералах вулканических пород — пироксенах, биотите, роговой обманке. Концентрация цинка в пироксенах характерна для колчеданосных формаций Южного Урала [Фролова и др., 1974]. В измененных вторичными процессами вулканитах цинк фиксируется главным образом в хлорите, который достаточно устойчив, как при региональном метаморфизме, так и при процессе пропилитизации. Таким образом, цинк становится подвижным лишь в случае разрушения кристаллической решетки хлорита [Карпухина, Баранов, 1983].

Анализ поведения Cu и Zn в зависимости от изменения концентраций K_2O проведен по выборкам анализов участков Хворостянка и Шанхай.

Распределение меди и цинка в базальтах участка Хворостянка

На диаграммах Cu — K_2O и Zn — K_2O (рис. 1) хорошо видны главные тренды распределения рассматриваемых компонентов. На участке Хворостянка K_2O и Cu (рис. 1 А) образуют поле фигуративных точек, свидетельствующее о положительной корреляции названных компонентов. Наиболее часто встречающиеся концентрации Cu соответствуют интервалу 0–20 г/т, при содержании K_2O от 0,05 до 0,5%. Повышенные концентрации Cu, варьирующие от 80 до 220 г/т, близки к первичным концентрациям Cu в базальтах Бурибайского вулканического комплекса [Косарев, Серавкин, 1994]. Пониженные содержания Cu, от 80 до 20 г/т и ниже, указывают на наличие тренда одновременного выноса K и Cu в процессе вторичных преобразований.

На диаграммах Zn — K_2O (рис. 1 Б) поле фигуративных точек базальтов участка Хворостянка ориентировано субпараллельно оси K_2O . Это свидетельствует о том, что процесс вторичных изменений, с которым связан вынос K и Cu, не воздействует на Zn и не ведет к изменению его концентраций. Концентрации Zn в базальтах, колеблющиеся от 25 до 160 г/т, соответствуют, скорее всего, различным типам базальтов и бонинитовых вариолитов Бурибайского вулканического комплекса [Косарев, Серавкин, 1994]. В то же время нельзя исключать локального перераспределения Zn и обогащения им пород в связи с проявлениями локальной пропилитизации при внедрении даек.

Распределение меди и цинка в подушках пиллоу-базальтов участка Хворостянка

Важную информацию о характере распределения Cu и Zn в базальтах Бурибайского вулканического комплекса несут материалы К.Р. Минибаевой, изучавшей химизм подушек пиллоу-базальтов (рис. 2 А, Б, В, Г). В подушке лавового потока базальтов из средней части разреза (b-br₂) комплекса по р. Таналык обнаружено относительное обогащение Cu краевых частей (74 г/т и 28 г/т) по сравнению с центральной, где этот элемент колеблется от 10 до 35 г/т. Обогащение Cu краевых стекловатых и гематитизированных зон подушек подводных излияний является, можно сказать, классическим. Подобная схема распределения Cu в подушках подвергнутых процессам гальмиролиза и диагенеза установлена в базальтах Марианской островной дуги [Kramer et al., 1980] и в колчеданосной формации острова Кипр [Varagar et al., 1991].

Содержания меди в краевых зонах подушек вулканического комплекса Тродос острова Кипр составляют: 200 г/т (верх); 153 г/т (низ); 79–96 г/т содержат промежуточные и центральные зоны подушек. В некоторых случаях концентрации меди в подушках более низкие: краевые зоны — 55–182 г/т; промежуточные и центральные зоны — 44–55 г/т.

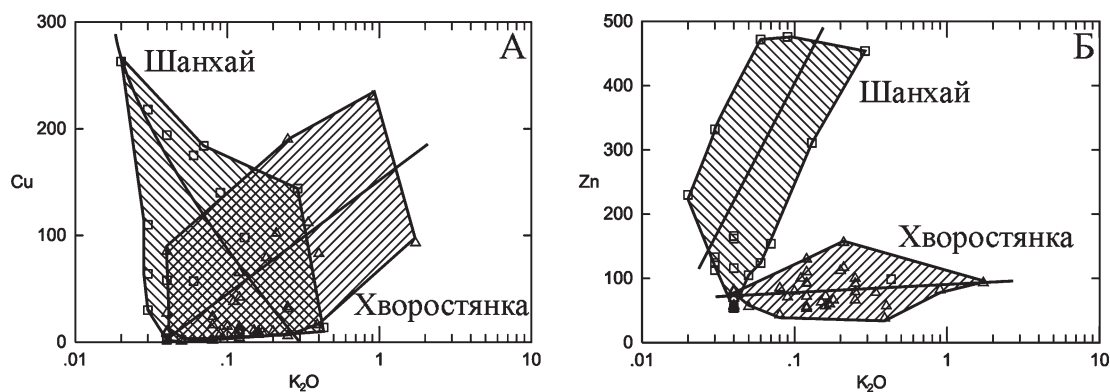


Рис. 1. Распределение концентраций меди (А) и цинка (Б) в зависимости от K_2O в базальтах Бурибайского комплекса баймак-бурибаевской свиты на Хворостянском и Шанхайском участках

Треугольники — точки составов Хворостянского участка, квадраты — Шанхайского участка

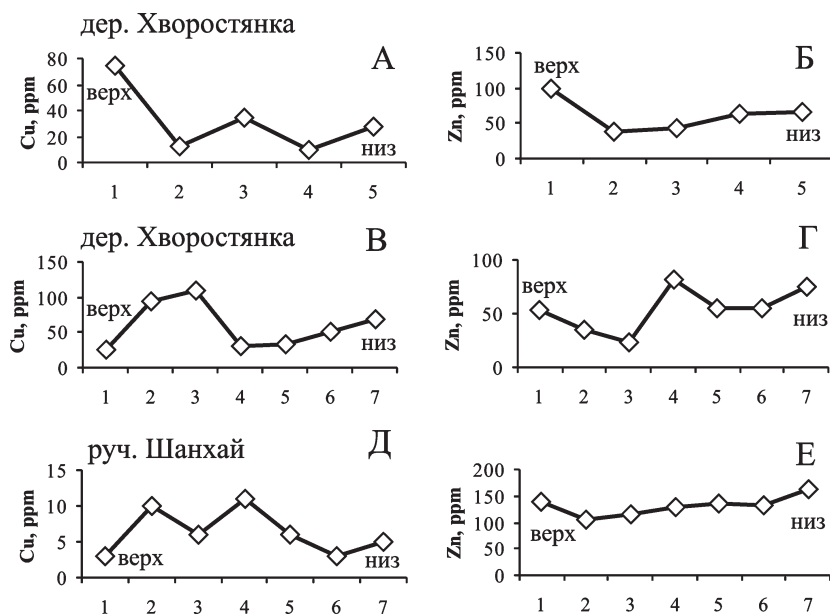


Рис. 2. Распределение меди и цинка в подушках эффузивных базальтов Бурибайского комплекса баймак-бурибаевской свиты (b-br₂) на Хворостянском (А, Б, В, Г) и Шанхайском (Д, Е) участках

заметным понижением фоновых концентраций Cu. Соотношение вода/порода на втором этапе вторичных преобразований не было высоким, поэтому высокотемпературная гидротермальная фаза воздействовала лишь на породы наиболее проницаемых зон, что обусловило, в конечном счете, пестроту и неравновесность ассоциаций вторичных минералов.

В работе С.М. Жмодика и др. [1996] приведены результаты изучения окислительных и восстановительных вторичных изменений в зоне гидротермальной активности. В обоих случаях наблюдается обогащение Cu внешних зон подушек, но в восстановительных условиях концентрации Cu в краевой зоне составляют 103–188 г/т, а при окислительных условиях 182–1043 г/т Cu. Из этих цифр видно, что о реальном привносе Cu можно говорить только по отношению к окислительному режиму вторичных изменений. Возвращаясь к рассматриваемому по Хворостянскому участку геохимическому материалу, следует отметить низкий уровень концентраций Cu в первой и второй подушках (рис. 1 А, Б). Кроме того, во второй подушке Cu обогащает промежуточную зону (110 г/т) при низких концентрациях Cu в центре (30 г/т) и в верхней краевой зоне (25 г/т). Нижняя краевая зона содержит Cu 68 г/т. Учитывая, что первичные концентрации Cu в базальтах Бурибайского комплекса [Косарев, Серавкин, 1994] составляют 100–160 г/т, что установлено по материалам изучения слабо измененных базальтов, следует отметить существенное обеднение этих базальтов Cu.

По нашему мнению возможна следующая интерпретация материалов. На раннем синвулканическом этапе в период вторичных низкотемпературных изменений стадии гальмиролиза и окислительного диагенеза формировалась метаморфическая ассоциация с гидрослюдами (саладонит) и гематитом и стандартной геохимической зональностью подушек подводных лавовых потоков. На втором этапе после захоронения толщи пиллоу-базальтов (b-br₂) поднимаются температуры водного флюида до 360°C и выше (эпидот, актинолит), окислительный режим сменяется на восстановительный и происходит интенсивное выщелачивание K и Cu с нарушением в большинстве случаев геохимической зональности подушек подводных лавовых потоков и общим

Распределение меди и цинка на участке Шанхай

Характер распределения Cu и Zn на участке Шанхай заметно отличается от вышеописанного. На диаграмме Cu – K₂O (рис. 1 А) по ориентировке поля фигуративных точек очевидна отрицательная корреляционная зависимость между названными компонентами. Присутствие в выборке базальтов всего ряда концентраций меди от 3 г/т до 280 г/т свидетельствует о интенсивном выщелачивании этого элемента в одних участках и привносе его в другие. Устойчивый характер вторичных минеральных ассоциаций (альбит, серицит, хлорит, эпидот, актинолит, кварц, карбонат, пирит) указывает на принадлежность их к околорудным изменениям серицит-хлоритовой и пропилитовой фаций. Наиболее высокие концентрации Cu сочетаются с ультранизкими (0,03–0,05% K₂O) содержаниями калия, приуроченными к участкам с интенсивной эпидотизацией и актинолитизацией, вероятно соответствующим наиболее высокотемпературным фрагментам поля пропилитизации.

Концентрации Zn на участке Шанхай имеют положительную корреляционную зависимость с K₂O. Не исключено, что одновременный привнос Zn и K в околорудную зону соответствует относительно позднему этапу рудогенеза по отношению к медноколчеданной минерализации, что обычно для колчеданных месторождений Уральского типа [Медноколчеданные ..., 1992].

Распределение Cu и Zn в подушках эффузивных базальтов на участке Шанхай

Характер распределения Cu и Zn на участке Шанхай обнаруживает многовариантность. Прежде всего это касается уровня концентрации рудогенных элементов. В одних подушках интервал колебаний Cu составляет 3–11 г/т при минимальных концентрациях этого элемента в концентрической

краевой зоне. Цинк в той же подушке имеет гораздо более высокий уровень концентраций — от 106 г/т до 164 г/т, с приуроченностью наиболее высоких содержаний к краевой концентрической зоне. Очевидна отрицательная корреляционная зависимость между Cu и Zn, что соответствует сделанному выше выводу о позднем этапе цинкового обогащения ореола по отношению к меди.

Иной тип распределения Cu и Zn установлен в подушке, расположенной ближе к рудопроявлению на 180 м и на 1 км западнее рудопроявления Шанхай. Подушка опробована по радиусу от периферии к центру. Концентрации Cu и Zn от краевой зоны к центру составляют: 1 (краевая зона) — Cu 9 г/т, Zn 865 г/т; 2 — Cu 139 г/т, Zn 962 г/т; 3 — Cu 207 г/т, Zn 1168 г/т; 4 — Cu 106 г/т, Zn 1029 г/т; 5 (центральная зона) — Cu 91 г/т, Zn 1081 г/т. Очевидно, что сохраняется обеднение Cu краевой зоны подушки при повышенных ее концентрациях в промежуточной и центральной зонах. Но в той же краевой зоне возникает обеднение Zn. При этом концентрации Zn во всех пробах имеют положительный аномальный характер, указывающий на активный привнос Zn в весь объем подушки. Элементы геохимической зональности подушки свидетельствуют о том, что подушечная отдельность является структурным фактором, контролирующим концентрации привносимых и выносимых рудогенных элементов.

Выводы

1. На участках Хворостянском и Шанхай установлены различные типы метаморфо-метасоматических преобразований и геохимической специфики распределения рудогенных элементов. На Хворостянском участке располагается фрагмент зоны окислительного диагенеза и последующих изменений пренит-пумпеллиитовой и актинолит-эпидотовой фаций метаморфизма погружения. Эпидот-актинолитовая ступень метаморфизма несет признаки аллохимических изменений, проявленных в активном выносе K и Cu и заметном понижении их фоновых концентраций. Для этой зоны характерна положительная корреляционная зависимость K_2O и Cu и отсутствие корреляции K_2O с Zn. Внешняя краевая зона подушек, как правило, обеднена Cu.

На участке Шанхай располагается одноименное рудопроявление колчеданной медно-цинковой минерализации, сопровождающейся ореолом серицит-хлорит-кварцевых и пропилитовых изменений, свидетельствующих о восстановительных условиях с высоким потенциалом серы. Для вулканитов этого участка установлена отрицательная корреляционная зависимость между K_2O и Cu и положительная — между K_2O и Zn, что обусловлено геохимической спецификой гидротерм позднего этапа рудогенеза, обогащенных K и Zn.

2. В Бурибайском рудном районе на детальных геохимических материалах подтверждена прило-

жимость конвективной модели колчеданообразования. Установлены минералогические и геохимические критерии выделения зон погружения холодных морских вод (окислительный диагенез) и зон восходящих гидротерм обогащенных рудогенными элементами.

Литература:

Жмодик С.М., Акимцев В.А., Жмодик А.С., Шестель С.Т. Минералого-геохимические особенности процесса взаимодействия гидротермальных растворов с базальтами (зона сочленения САХ и трансформы Зеленого Мыса) // Геология и геофизика. 1996. Т. 37, №1. С. 162–182.

Зайков В.В., Масленников В.В., Зайкова Е.В., Херрингтон Р. Рудно-формационный и рудно-фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана. Миасс: ИМин УрО РАН, 2002. 315 с.

Захарова А.А. Постдиагенетические изменения силуро-девонских осадочных и вулканогенно-осадочных отложений западного крыла Магнитогорского мегасинклинория в связи с вопросом природы зеленокаменного метаморфизма и возраста сульфидного оруденения // Магматизм, метаморфизм и рудоносность Южного Урала / БФАН СССР. Уфа, 1975. С. 129–153.

Карпухина В.С., Баранов Э.Н. Формы нахождения элементов-индикаторов в ореолах колчеданных месторождений. М.: Наука, 1983. 158 с.

Косарев А.М., Серавкин И.Б. Особенности распределения меди и цинка в вулканогенных породах Бурибайского рудного района // Познание, освоение и сбережение недр Республики Башкортостан / Отделение наук о Земле и экологии АН РБ. Уфа, 1994. С. 55–56.

Кривцов А.И. Палеовулканизм эвгеосинклинальных зон Урала и колчеданообразование. М.: Недра, 1979. 168 с.

Медноколчеданные месторождения Урала: Условия формирования / В.А. Прокин, И.Б. Серавкин, Ф.П. Буслаев и др. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. 308 с.

Прокин В.А. Закономерности размещения колчеданных месторождений на Ю. Урале. М.: Недра, 1977. 174 с.

Серавкин И.Б. Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. 268 с.

Фролова Т.И., Бурикова И.А., Гушин А.В. и др. О петрологических различиях колчеданосных и неколчеданосных вулканогенных формаций геосинклиналей // Эволюция вулканизма в земной коре: Труды / 1-й Всесоюз. симпозиум по вулканизму. М, 1974. С. 400–410.

Baragar W.R.A., Ludden J.N., Auclair F. Alteration effects in Pillow Lavas from the CY-1 Drillhole, Upper Volcanic Sequence, Troodos Ophiolite // Cyprus crustal study project: initial report, holes CY-1 and 1a. Geological survey of Canada, 1991. P. 117–132.

Kramer W., Kramer E., Rosler H.J. et al. Mineralogisch-geochemische Untersuchungen zur Umwandlung von Basiten der Yap- und Marianen-Rinne (West-Pazifik) // Zeitschrift für Geologische Wissenschaften. Berlin, 1980. P. 1403–1420.

Spadea P., Kabanova L., Scarrow J.H. Petrology, geochemistry and geodynamic significance of Mid-Devonian boninitic rocks from the Baimak–Buribai area (Magitogorsk zone, Southern Urals). // Ofioliti. 1998. V. 23, No 1. P. 17–36.

Spadea P., D'Antonio M., Kosarev A., Gorozhanina Y., Brown D. Arc-continent collision in the Southern Urals: Petrogenetic aspects of the Forearc-arc Complex // Mountain Building in the Uralides: Pangea to the Present. Geophysical Monograph. 132. 2002. P. 101–134.