

1. Афонина Г.Г., Макагон В.М., Шмакин Б.М. Диаграмма структурного состояния щелочных полевых шпатов в рентгенометрических координатах и экспрессная методика его определения // Изв. АН СССР. Сер. Геологическая. 1979. № 5. С. 73-82.
2. Болтыров В.Б., Огородников В.Н. Использование мусковита метасоматических пород в геологической термо- и барометрии // Геология метаморфических комплексов Урала. Свердловск, 1974. С. 59-64.
3. Дворник Г.П. Серицит-микроклиновые метасоматиты и золото-меднопорфировое оруденение в калиевых щелочных массивах // Геология метаморфических комплексов. Екатеринбург, 1992. С. 108-120.
4. Дворник Г.П., Угрюмов А.Н. Поисковые критерии и признаки золотого оруденения в калиевых щелочных массивах и проблема поисков его на Урале // Геология и минерально-сырьевые ресурсы европейской территории России и Урала: Мат-лы региональной конференции. Кн. II. Екатеринбург, 2000. С. 182-183.
5. Дворник Г.П., Элюев В.К. Геология, разведка и технологические свойства прожилково-вкрапленных руд Рябинового месторождения золота // Научные основы и прогрессивные технологии переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья благородных металлов (Плаксинские чтения) // Труды Междунар. сов. Екатеринбург, 2001. С. 128-129.
6. Калиевый щелочной магматизм Байкало-Становой рифтогенной системы / Костюк В.П., Панина Л.И., Жидков А.Я. и др. Новосибирск, 1990. 239 с.
7. Ким А.А. Минералого-геохимические особенности оруденения одного из щелочных массивов Центрального Алдана // Минералого-геохимические особенности рудных месторождений Восточной и Южной Якутии. Якутск, 1981. С. 93-108.
8. Кочетков А.Я., Пахомов В.Н., Попов А.Б. Магматизм и метасоматизм Рябиновского рудоносного щелочного массива (Центральный Алдан) // Магматизм медно-молибденовых рудных узлов. Новосибирск, 1989. С. 79-110.
9. Курьянова И.И. Группа мусковита // Типоморфизм минералов: Справочник / Под ред. Л.В. Чернышевой. М.: Недра, 1989. С. 299-313.
10. Наумов В.Б., Коваленкер В.А., Мызников И.К. и др. Высокобарические флюиды гидротермальных жил Рябиновского щелочного массива (Центральный Алдан) // Докл. РАН, 1995, Т. 343, № 1. С. 99-102.
11. Прокофьев В.Ю. Геохимические особенности рудообразующих флюидов гидротермальных месторождений золота различных генетических типов (по данным исследования флюидных включений). Новосибирск, 2000. 192 с.
12. Сендеров Э.Э., Бычков А.М. Физико-химические условия образования структурных модификаций щелочных полевых шпатов при петрогенезисе // Сов. геология. 1979. № 9. С. 33-44.
13. Угрюмов А.Н., Дворник Г.П. Щелочные рудоносные метасоматиты Рябинового массива (Алданский щит) // Сов. геология. 1984. № 9. С. 84-94.

УДК 550.42 + 553.43 (234.853)

В.А. Елохин, И.А. Прожерова

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МИХЕЕВСКОГО МОЛИБДЕНОВО-МЕДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Михеевское месторождение молибденово-медных руд приурочено к западной границе Зауральской мегазоны в пределах Троицко-Карашатауского мегаблока (мегантиклинория), осложненного структурами более высоких порядков. Одной из таких структур является Катенинская грабен-синклиналь, ограниченная с запада Тарутинско-Джетыгаринским, а с востока Новопокровским разломами и вмещающая собственно Михеевское месторождение.

В геологическом строении месторождения, по данным Б. М. Шаргородского, С.А. Аксенова, С. А. Черкашова, А. И. Грабежева и др., принимают участие вулканические, вулканогенно-осадочные и осадочные образования верхнедевонско-нижнекаменноугольного (нижняя толща) и нижнекаменноугольного (верхняя толща) возраста.

Отложения верхнедевонско-нижнекаменноугольного возраста представлены вулканоплутонической ассоциацией, включающей вулканогенно-осадочные породы и ульяновский субвулканический комплекс.

Образования нижней толщи закартированы в северном блоке месторождения и представлены переслаивающимися силицитами, аркозовыми и полимиктовыми песчаниками, алевролитами, туфопесчаниками, эксплозивными средне-грубообломочными породами преимущественно андезибазальтового состава, туфами, порфиrowыми андезибазальтами, базальтами, андезитами. Вулканиды кислого состава отмечаются редко, главным образом в субвулканических фациях.

Породы ульяновского субвулканического комплекса слагают небольшие тела (от 100-200 до 500-600 м), согласные с напластованием вмещающих пород. Состав пород комплекса варьирует от основного (диабазы) до кислого (дациты, риодациты), при преобладании пород среднего состава (андезиты, диорит-порфириты).

Отложения верхней вулканической толщи представлены афировыми, редко микропорфиrowыми базальтами, вариолитами, базальтовыми лавокластитами и гиалокластитами с прослоями силицитов, алевролитов, песчаников и углеродисто-кремнистых пород.

Завершают разрез рыхлые образования, к которым отнесены продукты выветривания руд и вмещающих пород мезозойского возраста и отложения кайнозойского возраста.

Интрузивные образования представлены гранитоидами Михеевского комплекса, приуроченного к долгоживущей тектонической зоне северо-северо-восточного простирания. Гранитоиды диоритового ($\text{SiO}_2 - 61\%$), кварц-диоритового ($\text{SiO}_2 - 63\%$), плагиогранодиоритового ($\text{SiO}_2 - 64-68\%$) и плагиогранитового ($\text{SiO}_2 > 69\%$) составов представлены рядом последовательных дифференциатов, с преобладанием плагиоклазовых разностей. Возраст гранитоидов – средний карбон [4].

Практически все породы Михеевского месторождения в той или иной мере подверглись гидротермально-метасоматическим изменениям. Особенностью метасоматических ореолов Михеевского месторождения является постоянная перемежаемость слабо и умеренно измененных пород, хотя в центральной части ореолов выделяется стволовая зона наиболее сильной серицитизации. Генерализованная зональность по латерали от центра к периферии проявляется в смене серицитизированных пород хлоритизированными и серицитизированными и далее пропицитизированными породами [4].

В северной части месторождения А. И. Грабежовым впервые выделены парагонитсодержащие метасоматиты.

Судя по минералогической зональности, составу рудной минерализации, геохимическому спектру, околорудные метасоматиты Михеевского месторождения относятся к кварц-серицитовой метасоматической формации [3].

Молибденово-медное порфиrowое оруденение локализуется в надинтрузивной части магматической системы, тяготея к периферии гранитоидных тел, и слагает рудный штокверк, прослеженный по простиранию на 5,5 км. В зависимости от пространственной приуроченности оруденения к различным частям рудно-магматической системы на месторождении выделяется три блока: Северный, Центральный и Южный. Эти блоки различаются морфологией, вмещающими породами и содержаниями полезных компонентов.

Изучение геохимических особенностей Михеевского месторождения проводилось с целью определения пространственного распределения меди и сопутствующих элементов, установления зональности в их размещении, определения уровня эрозионного среза отдельных блоков месторождения.

В основу работы положен фактический материал (геологические и метасоматические разрезы, результаты химических и спектральных анализов), любезно предоставленный геологами Южно-Уральской горно-рудной компании В. В. Алексеевым, Г. В. Селезневой, Б. М. Шаргородским.

Для определения типоморфных элементов (геохимических спектров) руд Михеевского молибденово-медного месторождения были рассчитаны коэффициенты концентрации, которые равны отношению среднего содержания химического элемента в руде к фоновому содержанию этого элемента. Значения средних и фоновых содержаний химических элементов приведены в табл. 1. Отметим, что коэффициенты концентрации рассчитывались только для тех химических элементов, которые имели значимые результаты анализов.

(Cu - Tl) - Zr - Mo,
(Sn - Sb) - (Zn - Ag)

Геохимическая характеристика руд Михеевского месторождения

Элемент	Фоновые содержания $n \cdot 10^{-3} \%$	Среднее содержание в рудах $n \cdot 10^{-3} \%$			Коэффициенты концентрации		
		северный блок	центральный блок	южный блок	северный блок	центральный блок	южный блок
Cu	16,8	606	610	504	36,0	36,3	30,0
Mo	0,12	1,79	1,95	5,6	14,9	16,2	46,7
Ag	0,01	0,14	0,03	0,08	12,7	2,7	7,27
Ni	7,28	4,4	3,2	3,32	0,6	0,4	0,5
Co	4,5	1,12	1,18	2,96	0,3	0,3	0,7
Cr	24,1	6,07	6,13	5,28	0,3	0,3	0,2
Ti	86,4	141,4	163,4	185,4	1,6	1,9	2,2
Mn	58,7	11,28	5,22	18,2	0,2	0,1	0,3
V	13,3	8,6	9,3	10,72	0,7	0,7	0,8
Zn	11,8	12,98	6,7	9,8	1,1	0,6	0,8
Sn	0,12	0,21	0,18	0,35	1,8	1,5	2,9
Sr	16,5	16,7	9,1	15,0	1,0	0,6	0,9
Zr	3,3	2,97	4,98	2,5	1,4	2,4	0,8

Как видно из таблицы, средние содержания и соответственно коэффициенты концентрации меди в северном и центральном блоках практически равны и уменьшаются в южном блоке. Содержания молибдена значительно увеличиваются в направлении с севера на юг, при значительном преобладании в южном блоке ($KK=46,7$). Наиболее высокие содержания серебра отмечаются в северном блоке, а наименьшие – в центральном. Такие элементы, как никель, кобальт, хром, марганец, ванадий, в рудах Михеевского месторождения находятся в количестве ниже фоновых с незначительными колебаниями средних содержаний в северном, центральном и южном блоках.

Содержание титана в 1,5 – 2,0 раза превышает фоновое, и в направлении с севера на юг отмечается некоторое его повышение. Повышенные содержания цинка характерны только для северного блока, тогда как в центральном и южном блоках его содержание ниже фонового.

Максимальные содержания олова свойственны южному блоку, а минимальные – центральному. Средние содержания стронция на уровне фоновых отмечаются в северном блоке месторождения, понижаясь в центральном. Наиболее высокие содержания циркония фиксируются в центральной части месторождения, уменьшаясь в северном и южном направлениях.

Таким образом, рудные спектры месторождения по блокам выглядят следующим образом:

- северный блок: $Cu_{36} Mo_{14,9} Ag_{12,7} Sn_{1,8} Ti_{1,6} Zr_{1,4} Zn_{1,1} Sr_{1,0}$;

- центральный блок: $Cu_{36,3} Mo_{16,2} Ag_{2,7} Zr_{2,4} Ti_{1,9} Sr_{1,5}$;

- южный блок: $Mo_{46,7} Cu_{30} Ag_{7,27} Sn_{2,9} Ti_{2,2}$.

Типоморфными элементами руд Михеевского месторождения являются Cu, Mo, Ag, Sn, Ti, Zr, Zn, Sr, что подтверждается и минеральным составом руд: халькопирит, борнит, молибденит, сфалерит, теллуриды серебра, галенит. Кроме того, в рудах месторождения отмечаются повышенные содержания золота, но, ввиду отсутствия полных данных, оно в расчетах не учитывалось.

Отношение меди к молибдену в направлении с севера на юг существенно меняется. Если в северном блоке отношение меди к молибдену в профиле 105 равно 338, то в южном блоке в профиле 81 равно 90, что соответствует молибденово-медным порфиоровым месторождением по [2].

Для оценки связей между элементами - индикаторами оруденения выполнен корреляционный анализ с расчетом парных коэффициентов корреляции (рис. 1).

Обращает внимание то, что северный, центральный и южный блоки по характеру связей между элементами достаточно различаются. Если в северном и южном блоках между элементами фиксируются только положительные связи, то в центральном блоке отмечаются и отрицательные связи.

Рудам северного блока свойственны положительные связи между молибденом, медью и титаном. Кроме того, у молибдена отмечается прямая положительная связь с серебром и цинком. Серебро, в свою очередь, связано с оловом и цирконием, для которых характерно наличие самой сильной связи.

В рудах центрального блока фиксируется положительная связь меди с серебром, титаном и цирконием и обратная связь с оловом и стронцием. Молибден имеет единственную незначительную связь с титаном на уровне критического значения ($r=0,11$).

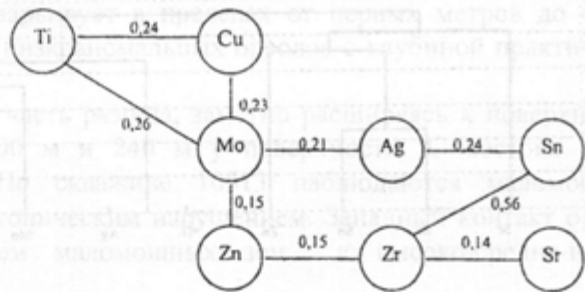
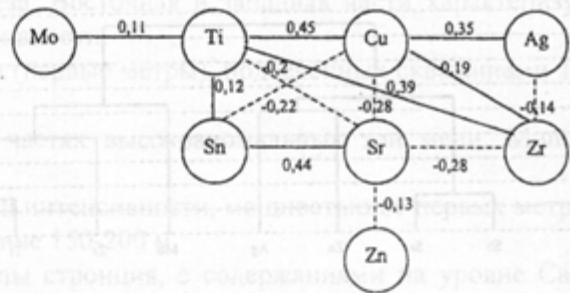
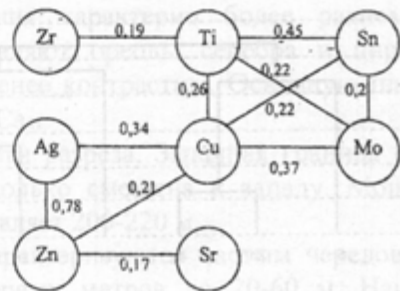
Северный блок (n = 266, r_{ср.} = 0,12)Центральный блок (n = 258, r_{ср.} = 0,11)Южный блок (n = 196, r_{ср.} = 0,16)

Рис. 1. Диаграммы значимых коэффициентов парной корреляции в рудах Михеевского месторождения

Руды южного блока характеризуются наличием связей между молибденом, медью, титаном и оловом. Кроме того, отмечается связь меди с цинком и серебром.

Однако корреляционный анализ определяет наличие связей между парами элементов и не дает картины в целом по группе элементов. С этой целью выполнен кластерный анализ с построением дендрограмм (рис. 2).

В рудах северного блока выделяют две группы элементов, обладающих наиболее сильной связью: медь – молибден и цирконий – олово. С первой группой одинаково незначительно связаны титан и серебро. Цинк более близок ко второй группе. Стронций отрицательно и незначительно связан с цирконием, оловом и цинком. Между обеими группами элементов отмечается обратная зависимость, но коэффициент корреляции очень низкий ($r = -0,04$), и, следовательно, родство между группами практически отсутствует. В целом по северному блоку связи между элементами можно представить следующим образом:

(Cu - Mo) - Ag, Ti;

(Zr - Sn) - Zn - Sr.

В рудах центральной части месторождения фиксируются три основные группы взаимосвязанных элементов: медь - титан, цинк - серебро, олово - стронций. С первой группой элементов имеют незначительную связь цирконий ($r = 0,2$) и молибден ($r = 0,05$). Вторая и третья группы связаны между собой слабо и незначительно. В целом элементы центрального блока месторождения связаны следующим образом:

(Cu - Ti) - Zr - Mo;

(Sn - Sr) - (Zn - Ag).

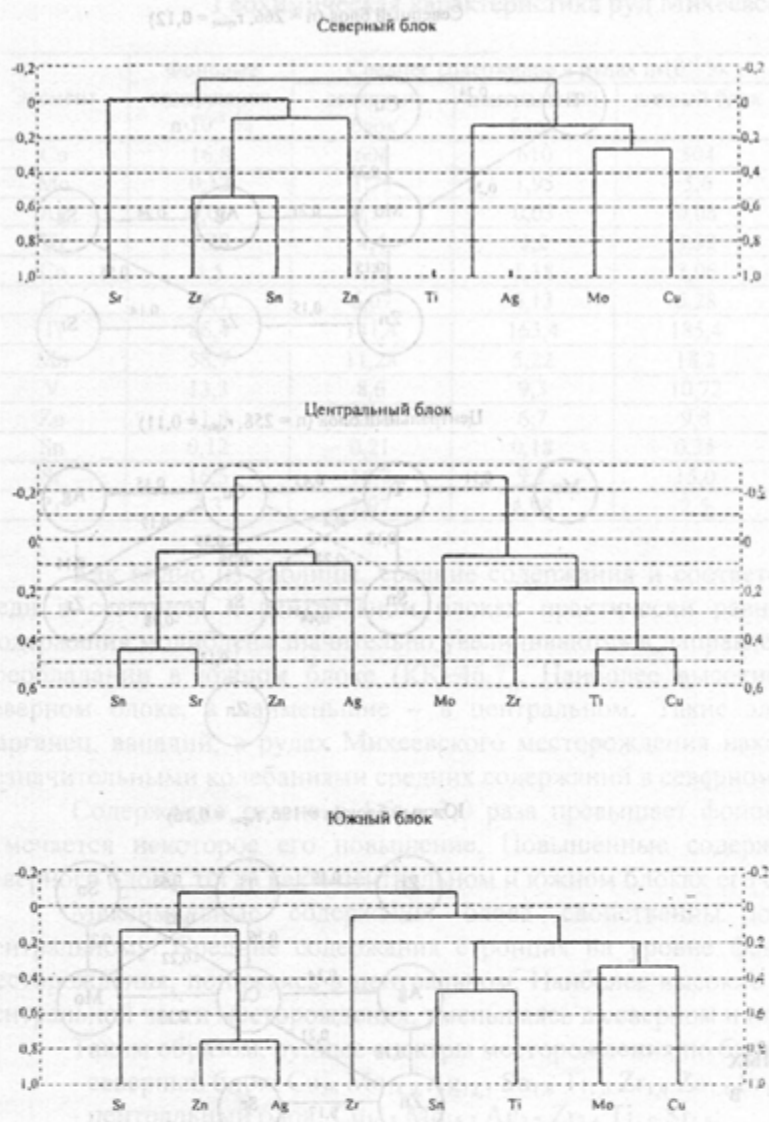


Рис. 2. Дендрогаммы парных коэффициентов корреляции в рудах Михеевского месторождения

В южной части месторождения также выделяются три группы элементов: цинк - серебро, олово - титан, медь - молибден. Первая группа характеризуется сильной положительной связью ($r=0,78$). В свою очередь, цинк и серебро имеют слабую связь со стронцием. Положительная связь между оловом и титаном находится на уровне 0,45. Связь между молибденом и медью несколько ниже. В то же время эти две группы элементов в рудах южного блока имеют положительную связь, правда, не очень сильную ($r=0,2$). С этими двумя группами незначительно связан цирконий. В целом связи между элементами в рудах южного блока имеют вид

- (Zn - Ag) - Sr;
- (Sn - Ti) - (Mo - Cu) - Zr.

Выделенные группы элементов в рудах Михеевского месторождения по корреляционным связям, по-видимому, отражают стадийность рудообразования.

С целью выяснения пространственного положения основных типоморфных элементов были построены геохимические ореолы по профилям 105, 93, 81, соответственно расположенным в северном, центральном и южном блоках месторождения.

Аномальные значения геохимических элементов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Аномальные значения элементов геохимического спектра месторождения

Аномальные значения	Геохимические элементы ($n \cdot 10^{-3} \%$)							
	Cu	Mo	Ag	Ti	Zn	Sn	Sr	Zr
Ca ₁	25	0,2	0,01	140	18	0,2	20	4
Ca ₂	40	0,3	0,02	220	25	0,3	23	5
Ca ₃	60	0,4	0,03	350	40	0,5	28	7

Северный блок месторождения выделяется наибольшей сложностью и контрастностью ореолов. Ореолы меди (рис. 3) имеют крутое восточное падение. На фоне высокоаномальных зон выделяются узкие зоны, отвечающие средне- и низкоаномальным содержаниям. Мощность ореолов меди, построенных по Ca_3 на глубине 300 м, варьирует в пределах от первых метров до 40 м, расширяясь к поверхности до 6-70 м. Мощность низкоаномальных ореолов с глубиной практически не изменяется и не превышает 25 м.

Ореол молибдена занимает центральную часть разреза, заметно расширяясь к поверхности. Его мощность составляет 50 м на глубине 300 м и 240 м у поверхности. С востока ореол контролируется тектоническим нарушением. По скважине 10513 наблюдаются маломощные аномальные зоны, также контролирующиеся тектоническим нарушением. Западный контакт ореола менее четкий и характеризуется чередованием маломощных зон с высоко-средне-низкоаномальными и фоновыми содержаниями.

Ореолы серебра имеют линейно вытянутую форму крутого восточного падения с выдержанной мощностью. В разрезе выделяют три наиболее яркие аномальные зоны, наиболее мощная из которых располагается в центре разреза. Восточная и западная части характеризуются чередованием маломощных ореолов разной интенсивности.

Цинк образует четыре маломощных ореола (первые метры), подсеченных скважинами 10503, 3107 и 3105.

Ореолы олова располагаются в краевых частях высокоаномальных зон меди. Мощность ореолов: первые метры – первые десятки метров.

Титан образует разобщенные ореолы слабой интенсивности, мощностью от первых метров до 80 метров, как правило, выклинивающиеся на глубине 150-200 м.

Узкие, маломощные (первые метры) ореолы стронция, с содержаниями на уровне Ca_1 - Ca_2 , равномерно распределены по разрезу.

Наиболее мощный ореол циркония подсечен скважиной 3108. В остальных скважинах зафиксированы единичные низкоаномальные ореолы мощностью до 10 м.

Для центрального блока Михеевского месторождения характерно более равномерное распределение типоморфных элементов. Исключение составляют ореолы серебра и циркония. Ореолы меди (см. рис. 3) имеют более простое строение и менее контрастны. Основную площадь разреза занимают мощные ореолы с содержаниями меди более Ca_3 .

Молибден образует мощный ореол в центральной части разреза. Западная граница ореола совпадает с границей ореола меди. Восточная граница несколько смещена к западу. Мощность ореола молибдена практически не меняется по падению и составляет 200-220 м.

Ореолы серебра центральной части месторождения характеризуются частым чередованием разноаномальных зон. Мощность ореолов колеблется от первых метров до 20-60 м. Наиболее мощный ореол серебра с содержаниями более Ca_3 подсечен скважинами 9305, 9307.

Ореолы цинка зафиксированы на западном и восточном флангах. Ореолы маломощные (первые метры), различной интенсивности, сменяющиеся фоновыми содержаниями.

Олово образует три зоны ореолов: восточную, центральную и западную, - разделенные интервалами с фоновыми содержаниями. Наиболее мощный ореол приурочен к центральной части разреза и представлен чередованием низко- и среднеаномальных зон мощностью первые метры – первые десятки метров.

Титан образует четыре группы маломощных ореолов с содержаниями, не превышающими Ca_2 . Эти группы ореолов отделены друг от друга интервалами с фоновыми содержаниями. Мощность "пустых" прослоев колеблется от 10 до 80 м. Большая часть ореолов имеет тенденцию к выклиниванию по падению.

Стронций фиксируется в виде узких линейно вытянутых ореолов слабой интенсивности, приуроченных к восточной и западной частям разреза.

Ореолы циркония в центральном блоке месторождения слагают наиболее широкую зону, представленную равномерным чередованием ореолов различной интенсивности, преобладающими из которых являются концентрации на уровне Ca_1 . Маломощные ореолы (мощностью до 10 м) со значениями более Ca_3 подсечены скважиной 9307.

Южный блок по морфологии ореолов элементов-индикаторов молибденово-медного оруденения близок к центральному блоку.

Ореолы меди с высокоаномальными значениями занимают большую площадь разреза (см. рис. 3). Восточная граница ореола не определена, так как ореол с востока не оконтурен.

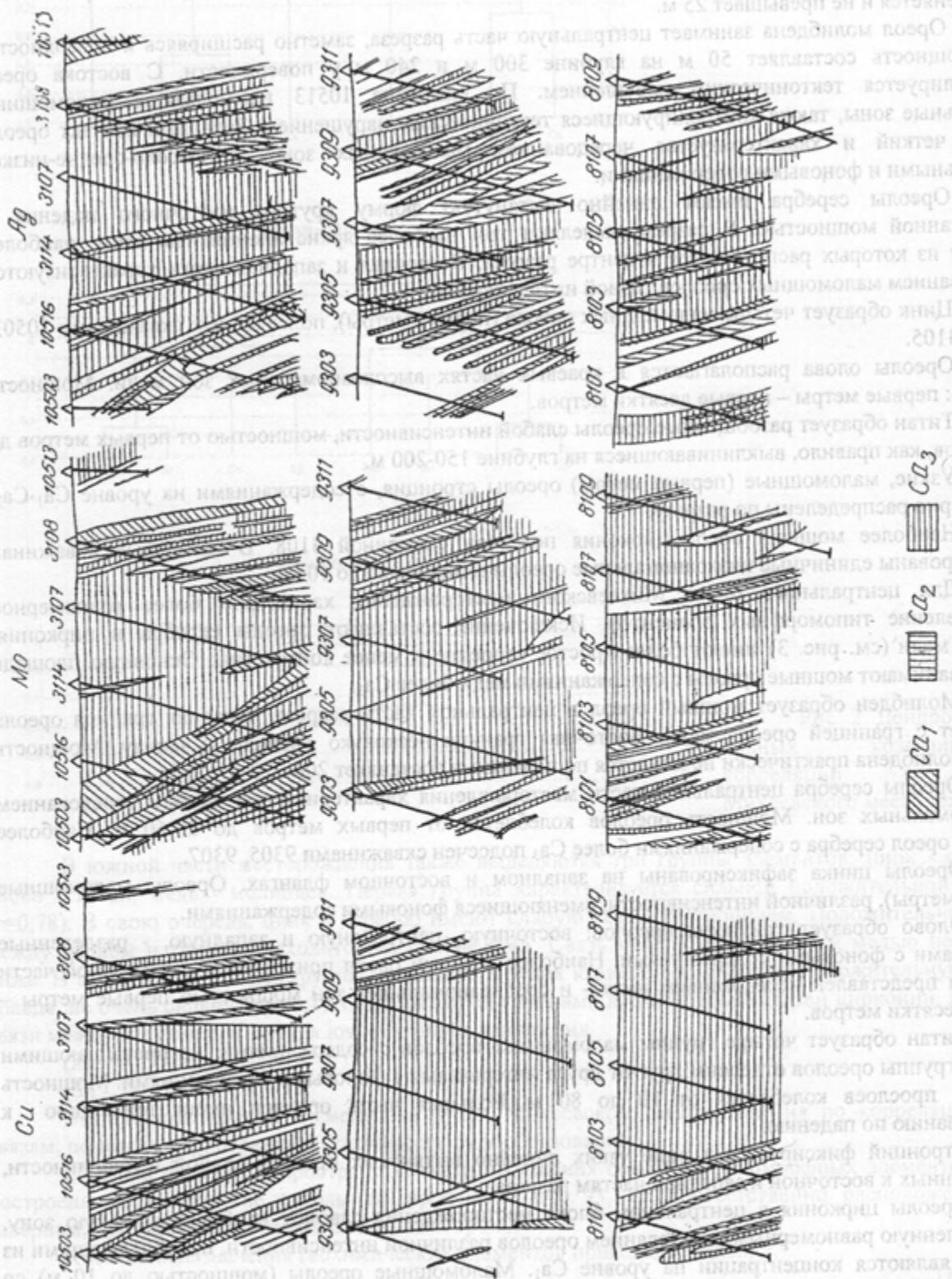


Рис. 3. Эндеогенные оролы меди, молибдена и серебра:
 I — северный блок; II — центральный блок; III — южный блок

Ореол молибдена в профиле 81 смещен на востоке относительно ореола меди. Его восточная граница также не оконтурена. Западная часть разреза характеризуется чередованием ореолов различной интенсивности и зон с фоновыми содержаниями. Мощность ореола молибдена, как и ореола меди, с глубиной практически не изменяется.

Ореолы серебра южного блока по своему строению близки к ореолам северного блока, но отличаются большей мощностью. Западная граница ореола совпадает с границей ореолов меди. Восточная часть характеризуется чередованием маломощных ореолов различной интенсивности и интервалов с фоновыми содержаниями.

Ореолы цинка подсечены только на западном фланге разреза. Мощность ореолов не превышает 20 м.

Олово распространено по всему разрезу. Наиболее часто встречаются ореолы с низко-среднеаномальными содержаниями. Мощность ореолов не превышает 20 м.

Ореолы титана образуют четыре зоны, разделенные фоновыми интервалами, мощностью до 40-50 м. Каждая из выделенных зон характеризуется чередованием в основном низко-среднеаномальных ореолов мощностью до 20 м.

Стронцию в южном блоке свойственны узкие (до 10 м) разобщенные линейно вытянутые ореолы с содержаниями ниже Ca_2 .

Ореолы циркония развиты в западной и восточной частях разреза. Причем в восточной части цирконий образует высокоаномальный ореол, мощностью более 40 м, в то время как в западной части разреза развиты единичные низкоаномальные ореолы мощностью до 10 м.

Отметим, что практически все ореолы элементов рудного спектра контролируются гранитоидами Михеевского комплекса и тектоническими нарушениями.

Для расчета вертикальной зональности были выбраны основные элементы рудного спектра: Cu, Mo, Ag, Zn, Sn. Расчет зональности производился по двум методикам: по показателям зональности с определением линейных продуктивностей по горизонтам 50, 100, 150, 200 м и коэффициентам контрастности. Выполненные расчеты позволили составить следующие ряды зональности для северного, центрального и южного блоков.

Для северного блока вертикальная зональность типоморфных элементов имеет вид сверху вниз:

Cu - Ag - Zn - Sn - Mo.

Ряды зональности, рассчитанные разными методами, для центрального блока имеют расхождения. Так, ряд зональности, рассчитанный по показателю зональности, имеет вид:

Zn - Cu - Mo - Ag - Sn.

Вертикальный ряд, рассчитанный по коэффициенту контрастности, выглядит следующим образом:

Zn - Cu - Sn - Ag - Mo.

Ряды зональности, рассчитанные для южного блока, двумя методами, как и в северном блоке, совпали и имеют вид:

Mo - Zn - Cu - Ag - Sn.

Таким образом, только зональность северного блока отвечает обобщенной зональности химических элементов: (Sb, As, Hg) - Cu₁ - Cd - Ag - Pb - Zn - Sn₁ - Au - Cu₂ - Bi - Ni - Co - Mo - U - Sn₂, As₂ - Be - W [1]. Зональность, выявленная в центральном блоке, близка к классической, но несколько отличается. Вертикальная зональность, выявленная в южном блоке, значительно отличается от северного и центрального блоков, так как молибден переместился вверх, а медь "опустилась" в нижнюю часть ряда.

Таким образом, выполненные геохимические исследования молибденово-медных руд Михеевского месторождения позволяют сделать следующие выводы:

1. Основными типоморфными элементами руд являются медь, молибден, серебро, олово, титан, цирконий, цинк.
2. Медно-молибденовое отношение в рудах в направлении с севера на юг уменьшается.
3. Северный, центральный и южный блоки месторождения по характеру связей между элементами, по вертикальной зональности, по морфологии и контрастности ореолов достаточно четко различаются, что может быть использовано при поисковых и прогнозных работах.

1. **Беус А.А., Григорян С.В.** Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М.: Недра, 1975. 270 с.
2. **Кривцов А.И.** Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. М.: Недра, 1983. 256 с.
3. **Омельяненко Б.И.** Околорудные гидротермальные изменения пород. М.: Недра, 1978. 215 с.
4. **Продуктивные гранитоиды и метасоматиты медно-порфировых месторождений (на примере Урала) / Грабежев А.И., Белгородский А.Е.** Екатеринбург: Наука. Урал. отделение, 1992. 200 с.

УДК 551.461+553.321.6(470.5)

А.В. Алексеев

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И МЕТАМОРФИЗМ ХРОМИТОВЫХ РУД ХАЛИЛОВСКОГО МАССИВА

Происхождение хромитовых руд, а также метасоматические процессы, протекающие в разные этапы их геологической жизни, давно являются предметом пристального внимания исследователей. Существует два основных взгляда на формирование руд – первично магматический [1] и метасоматический [4] их генезис. При этом не отрицается наличие вторичных процессов метаморфизма, существенно сказывающихся на составе хромитовых руд. На примере Халиловского массива нами выделены несколько стадий метаморфизма, разных по времени и характеру проявления, но пространственно совмещенных в пределах единого рудного поля.

Халиловский массив расположен на Южном Урале в поле развития ультраосновного магматизма в зоне сочленения Центрально-Уральского поднятия с Магнитогорским погружением в западном борту Вознесенско-Присакмарской зоны. Он вытянут в длину на 30 км, согласно господствующему простиранию структур вмещающих толщ и региональных разломов при средней ширине 9-10 км, вертикальной мощности ультрамафитов не менее 3,5-4,0 км.

В строении массива принимают участие гарцбургиты при подчиненном развитии дунитов и крайне незначительном распространении жильных пироксенитов. Более поздние габброиды либо прорывают (южная часть массива) гипербазиты и образуют жильную серию, либо (северная часть) перекрывают их, нередко с согласными контактами.

Массив распадается на несколько блоков, разделенных разломами, причем центральный блок считается наиболее приподнятым и характеризуется наибольшим развитием дунитовой составляющей. Дуниты образуют жилы субмеридионального простирания, к которым в подавляющей массе приурочено хромитовое оруденение. Остальные блоки сложены гарцбургитами с редкими шлировидными телами дунитов без хромита, изредка содержащими небольшие шлиры и сегрегации высокоглиноземистых и беднохромистых руд.

Происхождение хромитовых руд Халиловского массива связано с метасоматическими процессами высокотемпературной оливинизации, на что впервые обратила внимание С.В. Москалева [4]. Глубинные горизонты массива испытали гидротермальную проработку, приведшую к формированию метасоматической колонны, в которой роль эдукта играли гарцбургиты, а результатом стали мономинеральные дуниты с оруденением. Хромитовые залежи возникали на конечных стадиях процесса в результате отложения из восходящих гидротерм хрома, железа и ряда других металлов, высвобождающихся из решетки замещаемого при этом энстатита. Наиболее подвижные элементы (кремний, алюминий, кальций) выносились гидротермами в более высокие горизонты и участвовали в формировании вторичных энстатитов и оливин-энстатитовых пород. Именно этими процессами объясняется тесная связь состава рудных хромшпинелидов с вмещающими породами. Так, с дунитами идут высокохромистые разновидности хромшпинелей (Cr_2O_3 от 11 и выше формульных единиц в пересчете на 24 катиона), с гарцбургитами, – постмагматические высокоглиноземистые (Cr_2O_3 менее 11 формульных единиц) (см. рисунок). Хромшпинелиды из вторичных пироксенитов по составу практически не отличаются от глиноземистых разновидностей.