

III. ГЕОЛОГИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 550.42 + 553.46 (571.11)

В.А. Елохин, А.В. Витов

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОКЛАНОВСКОГО ВОЛЬФРАМ-МОЛИБДЕНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Коклановское (Кирдинское) вольфрам-молибденовое месторождение находится в Катайском районе Курганской области, в 30 км на юго-юго-запад от г. Катайска, и приурочено к сиалическому блоку земной коры, с интенсивным проявлением разновозрастного гранитного магматизма. В тектоническом отношении площадь месторождения расположена в Куровско-Улугушском антиклинории Камышловского мегаблока Зауральской мегазоны. С запада Куровско-Улугушский антиклинорий ограничен Бичурско-Копейским глубинным разломом, по которому проходит граница Зауральской мегазоны (поднятия) и Восточно-Уральского палеорифта [2] (прогиба).

Вольфрам-молибденовое оруденение связано с позднепалеозойско-мезозойской тектономагматической активизацией и контролируется Коклановским гранитным массивом гранит-лейкогранитовой формации. По геолого-структурной позиции, характеру эпигенетического преобразования пород, морфологии рудных тел, минеральному составу руд, геохимической специализации месторождение относится к штокверковой вольфрам-молибденовой грейзеновой формации [1].

По данным С. И. Бирючева (1988) и А. С. Конаныхина (1989), в геологическом строении месторождения выделяется два яруса: нижний – доюрский складчатый фундамент и верхний – рыхлые мезозойско-кайнозойские платформенные отложения мощностью 120 – 150 м.

В нижней части мезозойско-кайнозойского разреза в интервале глубин 103 – 113 м повсеместно картируется горизонт оолитовых осадочных железных руд аятского типа, представленных гидрогетитом, шамозитом и сидеритом.

Основным комплексом, слагающим доюрский складчатый фундамент, является толща метаморфических сланцев, образованных по вулканогенно-осадочным породам нижнего палеозоя и представленная биотит-кварц-полевошпатовыми, полевошпат-кварцевыми, амфибол-полевошпатовыми, амфибол-кварц-полевошпатовыми, полевошпат-амфиболовыми породами, реже карбонатсодержащими сланцами, известняками и кварцитами (рис. 1). Этот комплекс метаморфических пород характеризуется хорошо выраженной сланцеватостью и полосчатостью.

Среди нижнепалеозойских сланцев отмечаются тела серпентинитов пластообразной формы, развивающихся по тектоническим зонам и занимающих как секущее, так и согласное положение.

Вольфрам-молибденовое оруденение приурочено к восточному крылу крупной антиклинальной структуры, в сводовой части которой расположен Коклановский массив лейкократовых гранитов. Рудная минерализация фиксируется в эндо- и экзоконтактах гранитов.

Наиболее молодые породы фундамента представлены габбро-долеритами и базальтами ниже-среднетриасового возраста.

На площади месторождения установлено несколько пострудных тектонических нарушений, одно из которых имеет субширотное простирание и практически ограничивает распространение оруденения в северном направлении.

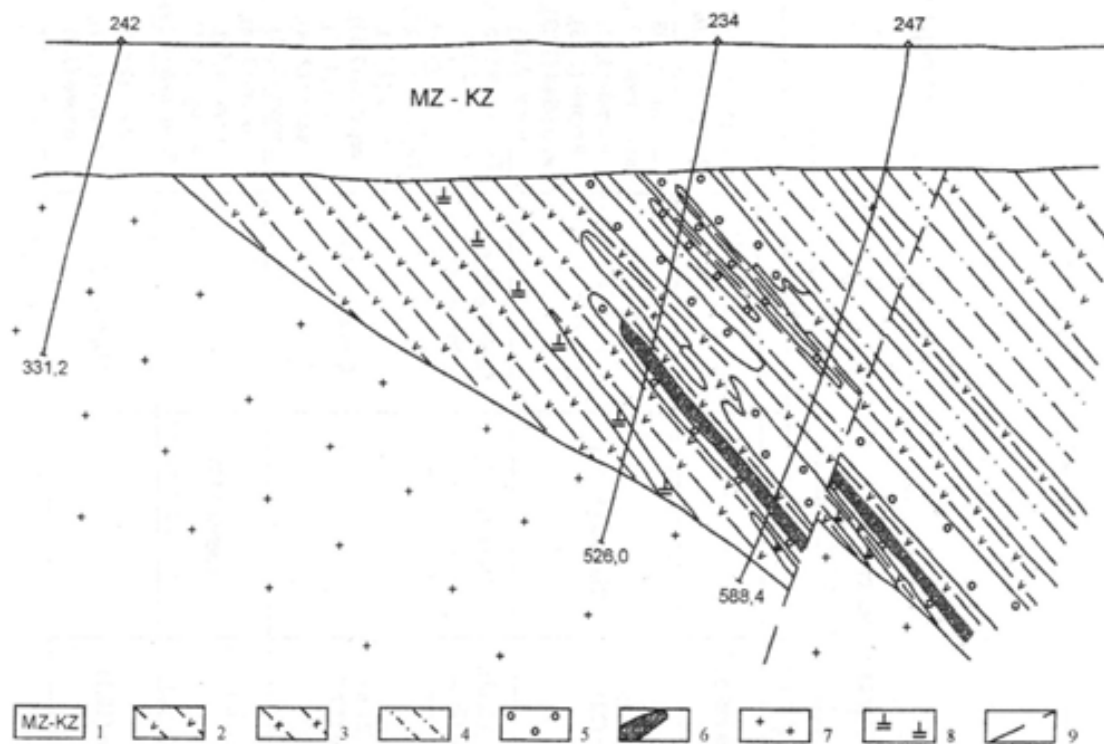


Рис. 1. Геологический разрез по линии 48 Коклановского месторождения, по А.С. Конаныхину, 1989:

1 – нерасчлененные мезокайнозойские отложения; 2 – сланцы амфиболовые, полевошпат-амфиболовые, хлорит-амфиболовые; 3 – сланцы слюдисто-полевошпат-кварцевые, хлорит-полевошпат-кварцевые; 4 – сланцы амфибол-полевошпатовые, слюдисто-полевошпатовые, амфибол-кварц-полевошпатовые; 5 – скарны гранатовые, пироксен-гранатовые, амфибол-гранатовые, пироксеновые; 6 – магнетитовые руды; 7 – граниты лейкократовые; 8 – серпентиниты; 9 – тектонические нарушения

К востоку от Коклановского массива прослежена зона скарнов мощностью до 140 метров при протяженности 1,2 км. Небольшие маломощные тела скарнов с магнетитовыми рудами зафиксированы непосредственно на вольфрам-молибденовом месторождении. Образование скарнов С. И. Бирючев и А. С. Конаныхин связывают с внедрением диоритов, выявленных к востоку от месторождения. Основными минералами скарнов являются амфибол, гранат, пироксен. Рудная минерализация в скарнах представлена магнетитом, в меньшей степени пиритом, пирротинном и халькопиритом.

На месторождении широко проявлены процессы эпигенетического преобразования пород: региональный метаморфизм фации зеленых сланцев – аутометасоматоз – дислокационный метаморфизм – контактовый метаморфизм – биметасоматоз – контактовый метаморфизм – постмагматический гидротермальный метасоматоз – дислокационный метаморфизм.

Постмагматические гидротермальные изменения выразились в образовании метасоматитов грейзеновой, березит-лиственитовой и аргиллизитовой формаций.

Грейзены с сопряженным вольфрам-молибденовым оруденением наложился на граниты Коклановского массива, на породы сланцевого комплекса, серпентиниты и скарны с магнетитовыми рудами.

Рудная минерализация представлена молибденитом, шеелитом, пиритом, пирротинном, халькопиритом, магнетитом, реже вольфрамитом.

С целью определения геохимической специализации пород и руд Коклановского месторождения рассчитаны кларки концентрации – отношение среднего содержания в исследуемом объекте к кларковому содержанию по работе [3].

Граниты месторождения за пределами контура промышленных руд специализированы на молибден, висмут, вольфрам, бериллий, олово (табл. 1). Ванадий, титан, скандий, германий, барий, стронций, цирконий, иттрий, иттербий, цинк и литий находятся в количествах значительно ниже кларковых. Распределение основных петрогенных элементов в гранитах равномерное (коэффициент вариации не превышает 40 %), и только молибден, вольфрам, бериллий, висмут и олово характеризуются весьма и крайне неравномерным распределением (табл. 2).

Таблица 1

Геохимические спектры пород и руд Кокляновского месторождения

Породы и руды	Кларки концентрации							
	>1000	>100	>50	>25	>15	>10	>5	
Граниты вне рудного контура (n=34)				Висмут (45), молибден (48)	Вольфрам (18,5)			Олово (2,96), бериллий (2,26)
Серпентиниты (n=28)	Вольфрам (1404,33)	Молибден (405,37), бериллий (188,5), литий (206,93)		Висмут (48,71)	Медь (19,25), олово (22)	Ниобий (11,75)		Серебро (2,98), цирконий (2,97), галлий (3,84), иттрий (2,55), иттербий (3,03), цинк (2,21)
Скарны (n=39)		Висмут (103,16), вольфрам (542,7), бериллий (113,25)			Свинец (15,22), молибден (20,23)	Олово (10,35)	Серебро (6,59), цинк (5,48)	Германий (3,53), медь (4,85), литий (3,95)
Магнетитовые руды (n=25)				Молибден (33,69), бериллий (27,25), литий (49,52)	Висмут (21,66), вольфрам (19,70)		Свинец (5,13)	Германий (3,27), медь (2,75), серебро (2,45), олово (4,45), галлий (2,24), цинк (3,91)
Молибденовые руды гранитного типа (n=35)	Молибден (1454,67)	Вольфрам (197,35)				Серебро (10)		Никель (3,14), медь (4,50), висмут (4,85), бериллий (4,29)
Молибденовые руды сланцевого типа (n=27)	Молибден (1163,85), вольфрам (1088)	Висмут (212)	Бериллий (83,25)		Серебро (18,1)		Литий (6,05)	Медь (2,57), свинец (3,77), олово (3,0)

* В скобках кларк концентрации.

Распределение химических элементов в породах и рудах Коклановского месторождения

Породы и руды	Характер распределения элементов			крайне неравномерный
	равномерный	неравномерный	весьма неравномерный	
Граниты вне рудного контура	Ni (21), Cr (21), Mn (11), V (35), Ti (5), Sc (19), Ge (24), Cu (32), Pb (27), Ba (29), Zr (14), Y (15), Yb (20), Nb (19)	Co (89), Ga (52), Li (94)	Mo (110), W (148), Be (145)	Bi (212), Sn (152)
Серпентиниты	Zr (40)	Ni (89), Co (70), Cr (80), Mn (70), Sc (83), Ge (86), Pb (52), Zr (90), Ga (69), Y (95), Yb (90), Zn (63)	Ti (107), Ag (121), Bi (123), Sn (139), Be (145), Nb (115)	V (175), Cu (177), Mo (203), W (181), Li (166)
Скарны		Ni (62), Co (81), Cr (56), Mn (41), V (58), Ti (74), Sc (70), P (76), Ge (91), Sn (88), Be (50), Ga (42), Y (53), Yb (55)	Nb (125)	Cu (160), Pb (524), Ag (152), Bi (322), Mo (251), W (168), Li (197), Zn (342)
Магнетитовые руды	Mn (39), Ge (31)	Ni (51), Co (65), Cr (55), V (50), Ti (90), P (75), Cu (57), Pb (70), Ag (82), Bi (82), Zn (72), Ga (54), Y (81), Yb (80), Nb (69)	W (138), Sn (104), Be (110), Li (101)	Mo (168), Zn (234)
Молибденовые руды гранитного типа	Mn (31), Ti (24), Sc (28), P (21), Sn (20), Zr (39)	Co (99), Cr (95), Ge (56), Pb (44), Mo (98), Ba (61), Ga (61), Y (51), Yb (47), Nb (54)	Ni (134), Cu (130), Be (120), Li (115)	V (234), Ag (175), Bi (181), W (229)
Молибденовые руды сланцевого типа	Sn (27), Ga (36)	Ni (77), Co (68), Cr (73), Mn (52), V (80), Ti (61), Sc (72), P (49), Ge (62), Cu (94), Pb (88), Ba (81), Sr (72), Be (68), Zr (46), Y (48), Yb (50), Nb (47), Zn (80)	Mo (106), W (127), Li (111)	Ag (204), Bi (224)

* В скобках коэффициенты вариации.

Типоморфными элементами серпентинитов в пределах Коклановского месторождения являются вольфрам, молибден, бериллий, литий, висмут, медь, олово, ниобий, галлий, иттербий, серебро, цирконий, иттрий, цинк. Обращает на себя внимание высокий кларк концентрации в серпентинитах лития, содержание которого в отдельных интервалах достигает промышленных концентраций. Содержание скандия в пять раз ниже кларкового. Барий и стронций находятся в количествах ниже чувствительности анализа. Распределение основных элементов неравномерное (коэффициент вариации $< 100\%$). Цирконий при повышенных концентрациях характеризуется равномерным распределением. Титан, серебро, висмут, олово, бериллий, ниобий распределены в серпентинитах весьма неравномерно. Ванадию, меди, молибдену, вольфраму и литию свойственно крайне неравномерное распределение.

В скарнах отмечаются высокие содержания вольфрама, бериллия, висмута, молибдена, свинца, олова, серебра, цинка, меди, лития и германия. Никель, кобальт, хром, ванадий, титан, скандий в скарнах находятся в количествах в несколько раз ниже кларковых. Значительная часть химических элементов распределена в скарнах неравномерно. Ниобий характеризуется весьма неравномерным распределением, в то время как медь, свинец, серебро, висмут, молибден, вольфрам, литий и цинк распределены крайне неравномерно, причем распределение свинца характеризуется самым высоким коэффициентом вариации – 524% .

Магнетитовые руды Коклановского месторождения специализированы на литий, молибден, бериллий, висмут, вольфрам, свинец, олово, цинк, германий, медь, серебро и галлий. Содержания никеля, хрома, ванадия, титана, скандия, циркония, иттрия и иттербия значительно ниже кларковых. Вольфрам, бериллий, олово, литий распределены в магнетитовых рудах весьма неравномерно. Молибдену и цинку свойственно крайне неравномерное распределение. Остальные элементы распределены неравномерно, за исключением марганца и германия.

Типоморфными химическими элементами молибденовых руд в гранитах (гранитный тип) являются молибден, вольфрам, серебро, висмут, медь, бериллий, никель. Концентрация марганца, ванадия, фосфора, титана, скандия, бария, стронция, иттрия, иттербия, лития, цинка в $2,5-4,0$ раза ниже кларковых содержаний. Крайне неравномерно распределены в рудах ванадий, серебро, вольфрам, висмут. Весьма неравномерное распределение характерно для никеля, меди, бериллия и лития.

В молибденовых рудах в сланцах (сланцевый тип) фиксируются высокие кларки концентрации молибдена, вольфрама, висмута, бериллия, серебра, лития, свинца, олова и меди. Низкие кларки концентрации свойственны марганцу, ванадию, титану, скандию, фосфору, стронцию, при неравномерном их распределении. Серебро и висмут распределены в сланцевом типе руд крайне неравномерно, а молибден, вольфрам и литий – весьма неравномерно.

Из анализа геохимических спектров пород и руд Коклановского месторождения следует, что их геохимические спектры близки, т. е. все породы и руды в той или иной степени обогащены молибденом, вольфрамом, висмутом, бериллием, оловом, литием, что свидетельствует о наложенности процесса грейзенизации на скарны и магнетитовые руды. Более высокая концентрация вольфрама в сланцевом типе руд по сравнению с гранитным типом руд говорит о геохимической зональности.

На рис. 2 показаны корреляционные связи между парами химических элементов в породах и рудах месторождения, где сплошная линия свидетельствует о наличии прямой положительной связи, пунктирная линия соответствует отрицательной связи. Рассмотрим взаимоотношения типоморфных элементов.

Молибден в гранитах, вне рудного контура, обнаруживает связь с кобальтом и литием. Вольфрам имеет положительную связь с висмутом, который, в свою очередь, связан с оловом и литием. Бериллий связан с медью.

В серпентинитах молибден связан с литием и галлием, а вольфрам имеет положительную связь с иттрием, иттербием, галлием и отрицательную – с никелем, кобальтом и хромом. Литий кроме молибдена связан с серебром, свинцом и германием, а бериллий – с оловом, скандием, германием и медью. Олову свойственна связь с медью, скандием, германием, цинком, серебром. Висмут связан с серебром и цирконием.

В скарнах молибден обнаруживает связь с никелем и иттрием, а вольфрам с иттрием, иттербием, кобальтом и бериллием, который, в свою очередь, связан с оловом и имеет отрицательную связь с марганцем и германием. Висмут коррелируется с серебром, иттрием и иттербием. Свинцу свойственна связь с серебром, цинком и ниобием.

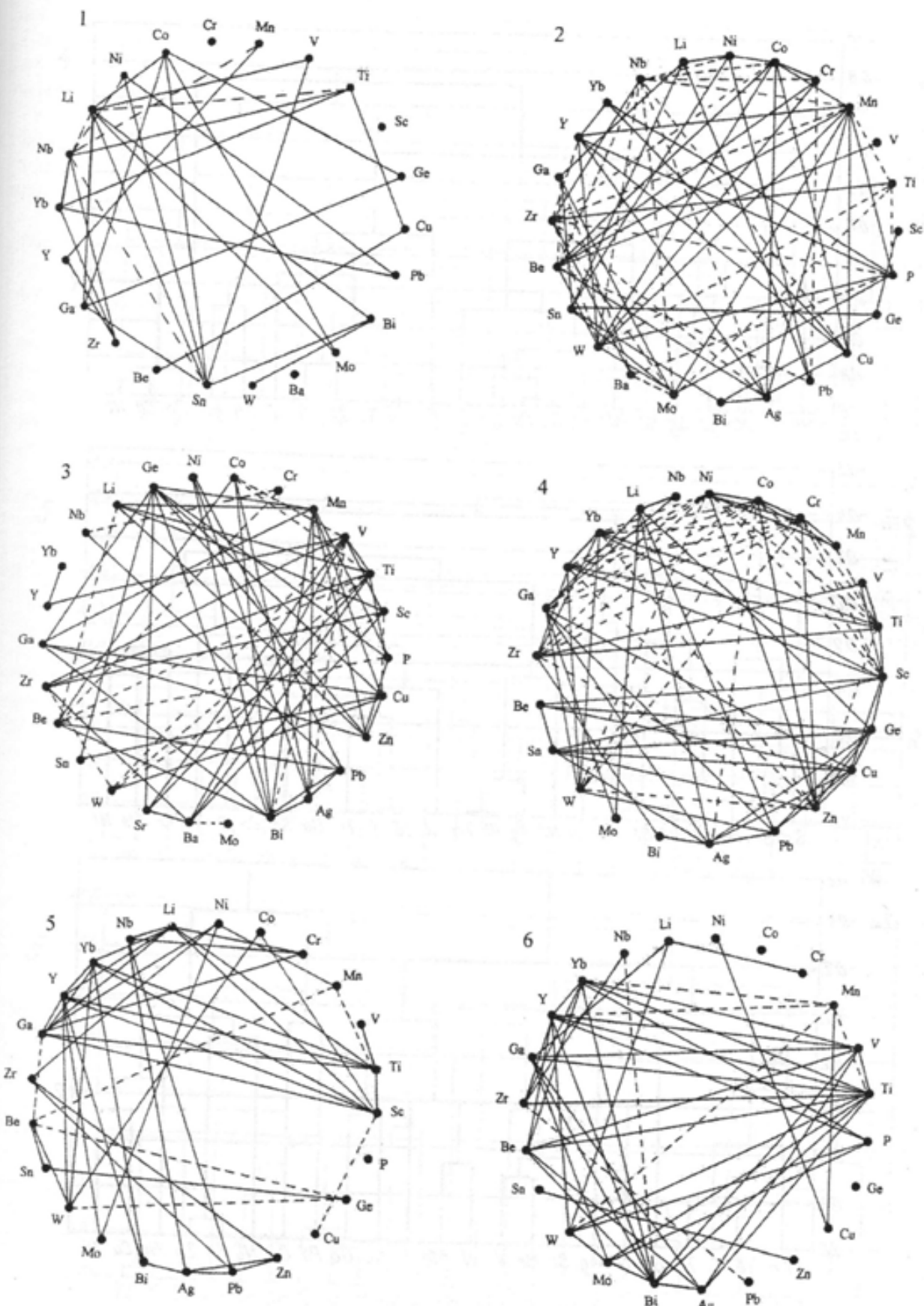
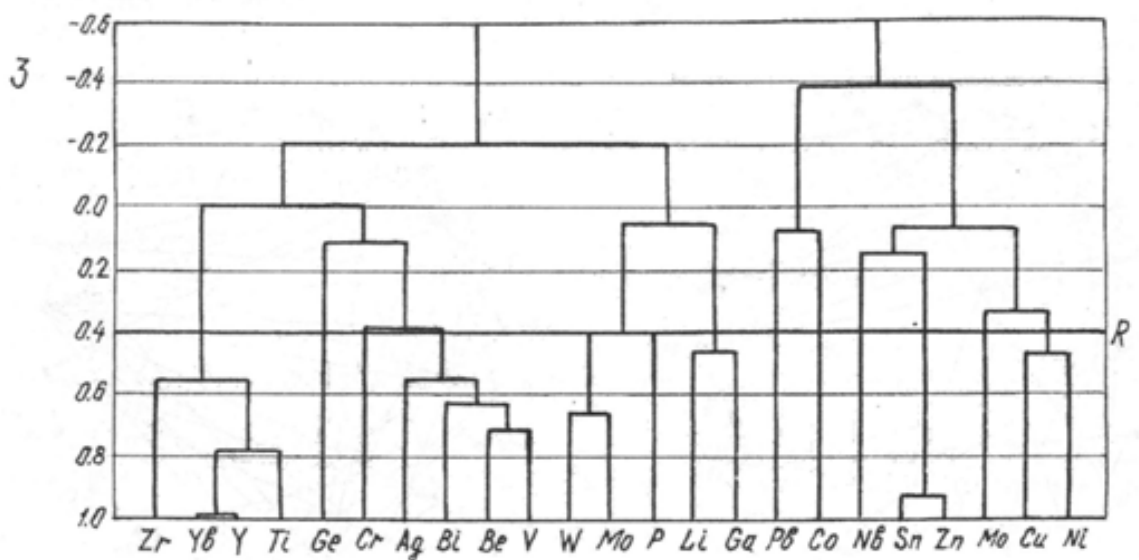
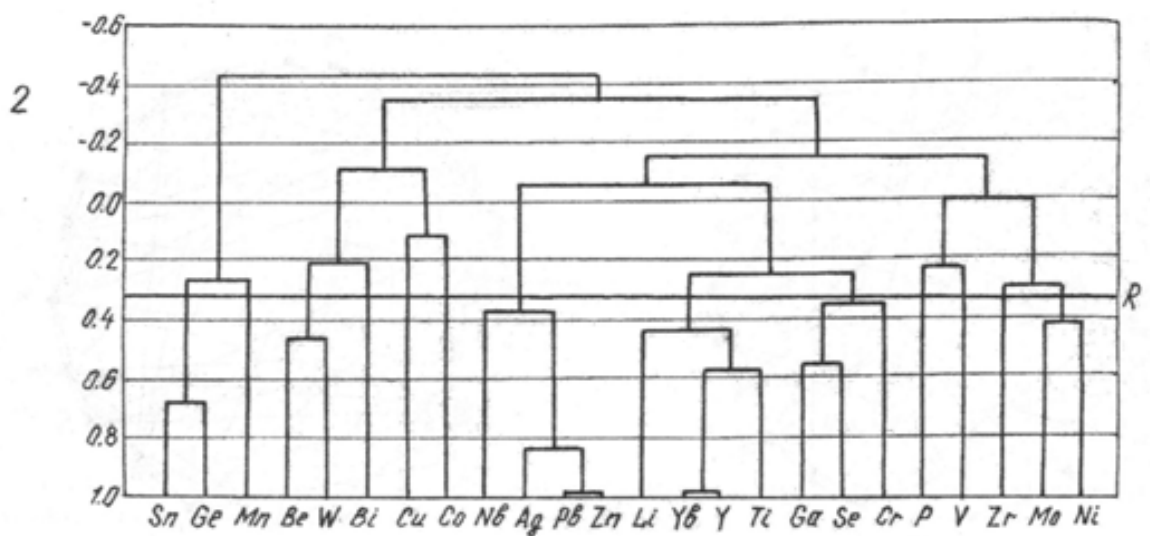
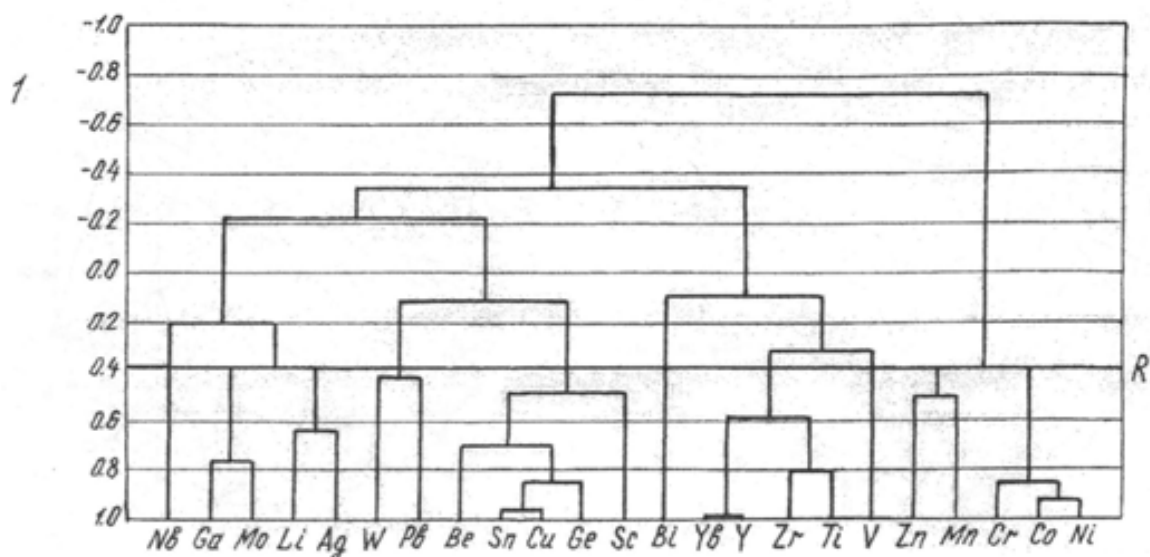


Рис. 2. Диаграммы коэффициентов парной корреляции:

1 – граниты вне рудного контура; 2 – руды гранитного типа; 3 – руды сланцевого типа; 4 – серпентиниты; 5 – талькошисты; 6 – магнетитовые руды



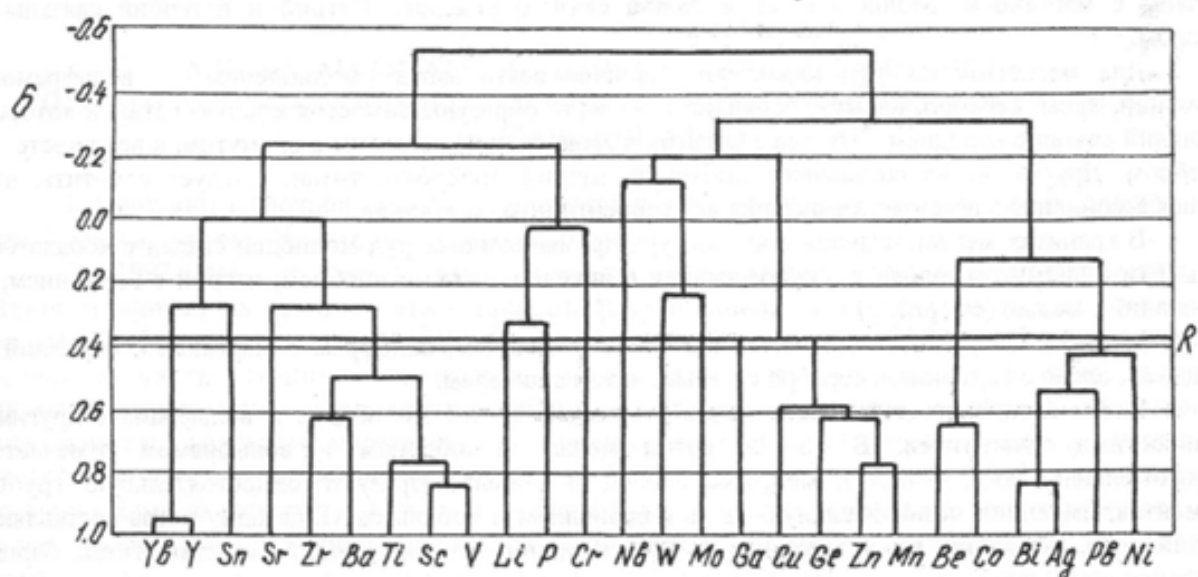
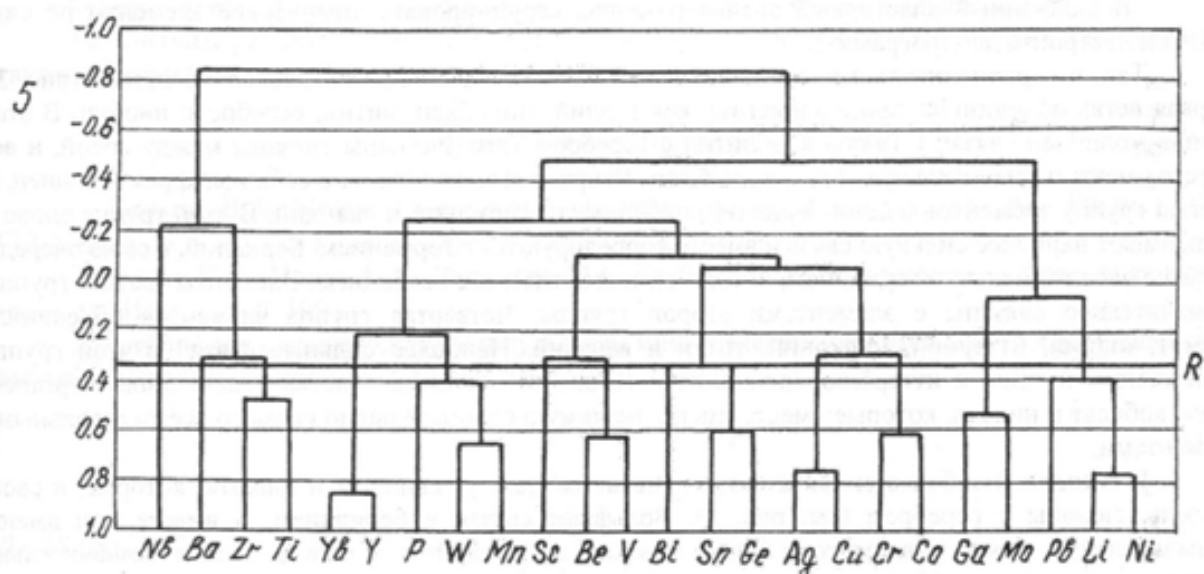
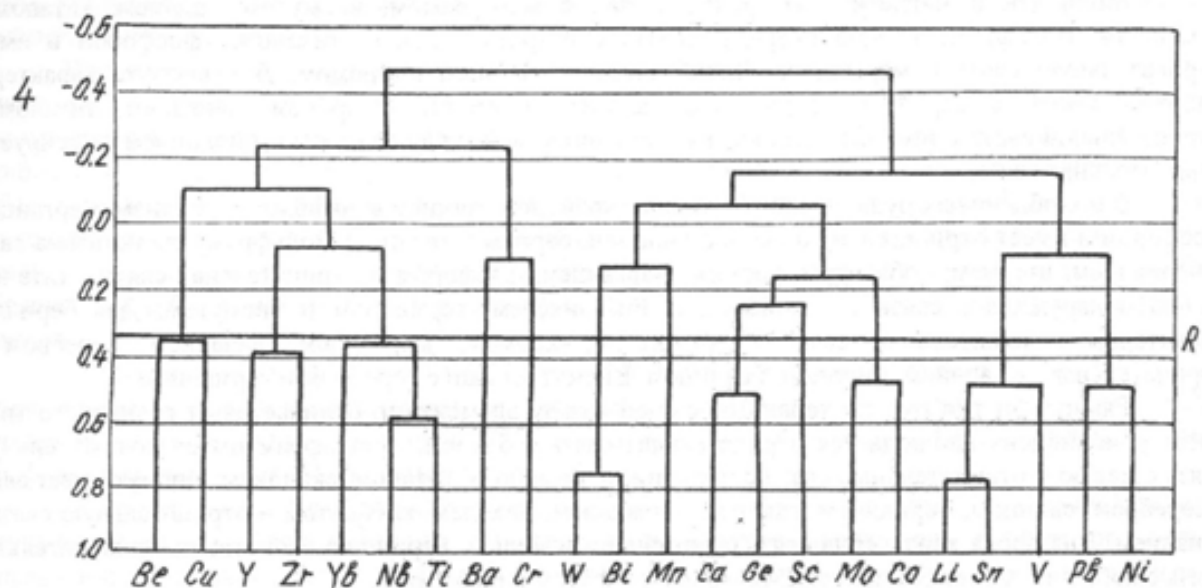


Рис. 3. Дендрогаммы парных коэффициентов корреляции:

1 – серпентиниты; 2 – скарны; 3 – магнетитовые руды; 4 – граниты вне рудного контура; 5 – руды гранитного типа; 6 – руды сланцевого типа

Молибден в магнетитовых рудах связан с вольфрамом, висмутом, галлием, титаном и фосфором. Вольфрам, в свою очередь, связан с иттрием, литием, титаном, фосфором и имеет отрицательную связь с марганцем. Литий связан с галлием и хромом. Для висмута характерно наличие связей с серебром, бериллием, галлием, иттрием, иттербием, ванадием, титаном и отрицательной связи с ниобием. Олово связано с цинком. Между свинцом и цирконием фиксируется отрицательная связь.

В молибденовых рудах гранитного типа молибден связан с вольфрамом, галлием, марганцем, фосфором и имеет отрицательную связь с ниобием, барием и титаном. Вольфраму свойственна связь с бериллием, иттрием, кобальтом, хромом, марганцем, фосфором и отрицательная связь с титаном. Олово обнаруживает связь с галлием, литием, никелем, германием и висмутом. Для бериллия характерна положительная связь с кобальтом, хромом, марганцем, ванадием, серебром и отрицательная - с галлием, ниобием и свинцом. Висмут связан с серебром и германием.

Сланцевый тип руд по характеру связей между элементами отличается от гранитного типа. Здесь у молибдена наблюдается отрицательная связь с барием, а вольфрам имеет положительную связь с медью и отрицательные связи с цирконием, ванадием, титаном, скандием. Висмут имеет связь с серебром, свинцом, бериллием, галлием, германием, никелем, кобальтом и отрицательную связь с ванадием. Для олова характерна связь с германием и медью. Бериллию свойственна положительная связь с кобальтом, свинцом и отрицательная - с титаном и фосфором.

Выполненный кластерный анализ позволил сгруппировать химические элементы по силе связей и построить дендрограммы.

Так, в серпентинитах все химические элементы разделились на несколько ветвей (рис. 3). Первая ветвь объединила такие элементы, как галлий, молибден, литий, серебро и ниобий. В этой группе молибден связан с галлием, а литий с серебром. Эти две пары связаны между собой, и все вместе имеют незначительную связь с ниобием. Вторая ветвь включила в себя вольфрам и свинец. В третью группу элементов вошли бериллий, олово, медь, германий и скандий. В этой группе олово и медь имеют наиболее сильную связь и вместе коррелируются с германием. Бериллий, в свою очередь, связан с оловом, медью и германием, которые вместе связаны со скандием. Элементы третьей группы незначительно связаны с элементами второй группы. Четвертая группа элементов объединила висмут, иттрий, иттербий, цирконий, титан и ванадий. Наиболее сильные связи в этой группе свойственны иттрию и иттербию, цирконию и титану. В последнюю ветвь вошли цинк, марганец, хром, кобальт и никель, которые вместе имеют значимую отрицательную связь со всеми остальными элементами.

В скарнах наиболее сильная связь отмечается между свинцом и цинком, которые, в свою очередь, связаны с серебром (см. рис. 3). Вольфрам связан с бериллием, и вместе они имеют незначительную связь с висмутом. Олово связано с германием, и оба элемента незначительно связаны с марганцем. Молибдену свойственна связь с никелем. Иттрий и иттербий связаны с титаном.

Для магнетитовых руд характерно наличие связи между молибденом и вольфрамом. Германий, хром, серебро, висмут, бериллий и ванадий образуют самостоятельную ветвь, в которой бериллий связан с ванадием. Эти два элемента, в свою очередь, связаны с висмутом, а все вместе - с серебром. Другую ветвь составляют цирконий, иттрий, иттербий, титан. Следует отметить, что данная ассоциация элементов характерна для серпентинитов и скарнов.

В гранитах месторождения вне контура промышленных руд молибден связан с кобальтом, вольфрам с висмутом, олово с литием, свинец с никелем, титан с ниобием, иттрий с цирконием, а бериллий с медью (см. рис. 3).

Молибден в рудах гранитного типа связан с галлием, вольфрам с марганцем, бериллий с ванадием, олово с германием, серебро с медью, литий с никелем.

Рудам сланцевого типа свойственно отсутствие связей молибдена и вольфрама с другими химическими элементами. В то же время между молибденом и вольфрамом отмечается незначительная связь. Висмут, серебро, свинец и никель образуют самостоятельную группу элементов, имеющих незначительную связь с бериллием и кобальтом. Еще одну ветвь составляют галлий, медь, германий, цинк, марганец. В другую группу вошли скандий, ванадий, титан, барий, цирконий и стронций.

Таким образом, из корреляционного и кластерного анализов следует, что породы и руды месторождения по характеру корреляционных связей достаточно хорошо различаются. Это обусловлено следующими основными причинами: исходным составом вмещающих пород и руд.

пород, геохимической зональностью в распределении элементов и полигенностью и полихронностью эпигенетических процессов.

Проведенный факторный анализ (R – метод) позволил выделить несколько факторов, влияющих на распределение химических элементов в породах и рудах Коклановского месторождения. Одним из основных факторов является фактор исходного состава пород. Наибольший вклад в этот фактор внесли: для серпентинитов – иттрий, титан, иттербий, никель, хром, кобальт, ванадий, цинк; для скарнов – титан, литий, хром; для гранитов – ниобий, титан, иттербий, цирконий; для магнетитовых руд – ванадий, титан, галлий, бериллий, серебро, висмут; для рудных сланцев – скандий, ванадий, цирконий, титан, барий; для рудных гранитов – кобальт, хром, ниобий. Обращает на себя внимание обратное действие этого фактора на поведение вольфрама в рудных сланцах.

Следующие два фактора, вероятно, отражают собственно грейзеновый процесс с сопряженным вольфрам-молибденовым оруденением. Эти факторы фиксируют различные стадии данного процесса. В один из факторов существенный вклад вносят висмут, серебро, олово, отчасти вольфрам, в другой – молибден, вольфрам, галлий.

Для рудных сланцев и рудных гранитов выделяется еще один фактор, наибольший вклад в который вносят молибден и галлий. Действие этого фактора проявляется в противоположном направлении, и, по-видимому, этим фактором является пострудный дислокационный метаморфизм.

Следует отметить, что часть элементов участвовала в нескольких процессах.

Полученные результаты работы могут быть использованы при проведении поисковых работ, а также при прогнозных исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Елохин В.А. Молибденоворудные объекты в региональных структурах Урала // Изв. УГТГА. Вып. 13. Сер.: Геология и геофизика, 2001. С. 131 - 136
2. Золоев К.К., Попов Б.А., Рапопорт М.С. Глубинное строение и металлогения подвижных поясов. М.: Недра, 1990. 190 с.
3. Требование к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1000000. Приложение. М.: ИМГРЭ, 1999.

УДК 550.8 (553.24)

Г.П. Дворник

МЕТАСОМАТИТЫ И ЗОЛОТОРУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ТОММОТСКОГО ЩЕЛОЧНОГО МАССИВА И ЕГО БЛИЖАЙШЕГО ОБРАМЛЕНИЯ (АЛДАНСКИЙ ЩИТ)

Томмотский щелочной массив размещается в северо-западной части Юхтино-Пуриканской рудной зоны в пределах Нимгерканского рудного узла.

В 1992-1994 гг. нами были изучены серицит-микроклиновые метасоматиты и сопровождающая их золоторудная минерализация в западной части Томмотского щелочного массива [7]. Наши исследования пород массива продолжились в 2000-2001 гг. В этот период в восточной части Томмотского массива и его ближайшем обрамлении в зоне развития микроклинизированных и серицитизированных щелочных сиенитов, магнезиальных скарнов были проведены поисковые маршруты, минералого-геохимическое картирование пород и шлиховое опробование элювиально-делювиальных отложений по сети 100x200 м (рис. 1). В геологическом строении Нимгерканского рудного узла принимают участие архейские метаморфические и магматические породы кристаллического фундамента, вендские карбонатные отложения платформенного чехла, мезозойские щелочные и субщелочные эффузивы, их интрузивные аналоги и разнообразные позднемезозойские рудоносные метасоматиты.