

УДК 553.43/46 : 550.81 (479.25)

А. А. АВАКЯН, В. Е. ВАРТАНЕСОВ

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТРЕНД-АНАЛИЗА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ И МОЛИБДЕНА НА ЛЕВОБЕРЕЖНОМ УЧАСТКЕ КАДЖАРАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

На рудном участке «Левобережный», представляющем северный фланг Каджаранского рудного поля, с помощью тренд-анализа изучено пространственное распределение главных компонентов руд. Построены поверхности тренда меди и молибдена по вертикальным разрезам через каждые 100 м. Сравнение этих поверхностей выявляет следующие закономерности.

Пространственное распределение Cu и Mo имеет неравномерный характер, а объем минерализованных пород вытянут в широтном направлении и к востоку расширяется. Отдельные обогащенные зоны имеют меридиональное простирание, выклиниваются к северу и расширяются к югу, погружаясь на глубину.

Наиболее важные тенденции изменения содержаний Cu и Mo в пространстве совпадают. Одновременно наблюдаются различия знаков этих тенденций, выражающие рудную зональность на участке.

Характер пространственного распределения меди и молибдена свидетельствует о том, что Левобережный участок является частью единой минерализации Каджаранского рудного поля.

Рудный участок «Левобережный» представляет собой северный фланг Каджаранского рудного поля. С запада участок ограничивается Дебаклиноким разломом, с севера и востока — контактом монзонитов с ороговикованными порфиритами, его южная оконечность примыкает к Центральному участку. По характеру оруденения данный участок сходен с Центральным, но контролируется другими структурными факторами — широтной зоной дробления и контактом монзонитов с вмещающими порфиритами [4]. За последние годы участок Левобережный был детально разведан буровыми скважинами (по меридиональным, разведочным профилям через 100 м), и данные их опробования, помимо выделения промышленных запасов, позволили получить определенный материал по общему распределению рудных элементов на северном фланге месторождения.

Степень изученности закономерностей размещения оруденения на данном участке нельзя, однако, считать соответствующей объему накопившегося аналитического материала. С целью восполнить указанный пробел сделана попытка изучения закономерностей пространственного распределения меди и молибдена с помощью тренд-анализа. Указанный метод представляет собой разновидность двумерного регрессивного анализа, предназначенного для нахождения регрессионной поверхности  $\bar{z} = f(x, y)$ , где  $\bar{z}$  — вектор наблюдаемых характеристик (в данном случае содержаний меди или молибдена в пробах),  $x$  и  $y$  — векторы условных

координат точек опробования. Приведенная функция имеет вид полинома. В данном случае использован полином второй степени, значения которого вычислены отделом математических методов ИГН на ЭВМ по программе, разработанной на основании работы Н. Н. Голышко [2].

Указанная функция позволяет отделить систематические изменения содержания изучаемых элементов от локальных, случайных флюктуаций [5]. Иначе говоря, расчетная функция ( $z$ ) показывает обобщенные закономерности пространственного распределения рассматриваемых характеристик, отвлекаясь от частных отклонений. Недостаток метода заключается в отсутствии объективных критериев, свидетельствующих о том,

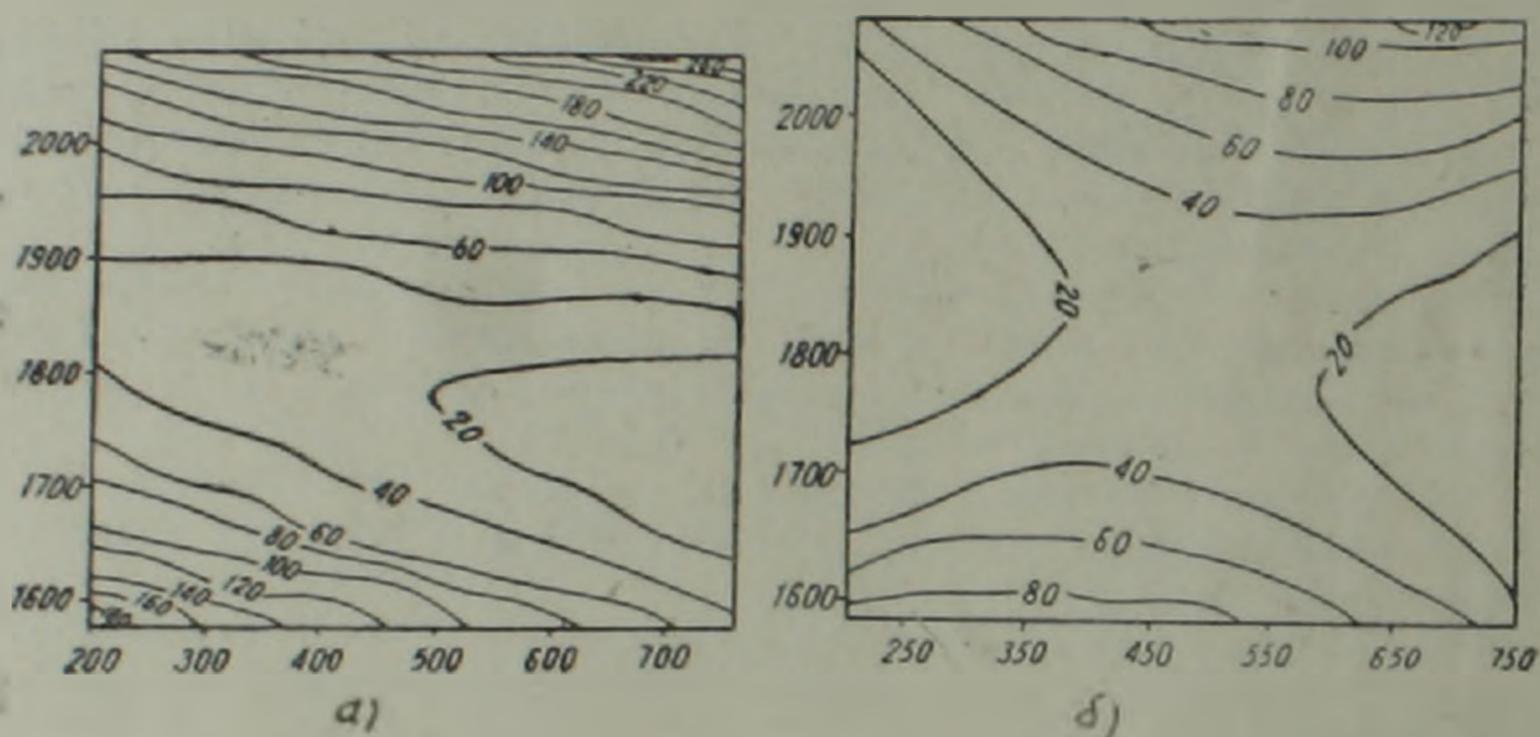


Рис. 1. Проекция поверхности тренда меди (а) и молибдена (б) на плоскость вертикального разреза по разведочному профилю А-А<sub>1</sub>.

насколько точно выбранная функция описывает комплекс эмпирических данных [1, 3]. Этот недостаток компенсируется проверкой полученных результатов геологическими данными.

Описанным методом изучено распределение меди и молибдена на вертикальных разрезах, проведенных по 12 меридиональным разведочным профилям, охватывающим весь рудный участок. Число скважин на профилях, их глубины, расстояние между ними различны.

Эти данные, а также расстояния между границами разрезов в последовательности расположения с запада на восток приведены в табл. 1. По каждому разрезу рассчитана поверхность тренда и построена ее проекция на плоскость разреза в виде карты изолиний (рис. 1).

Поверхности тренда как меди, так и молибдена имеют разнообразную и сложную форму. Для меди они имеют цилиндрическую (желобовидную) или сфероподобную (чашеобразную и куполовидную) формы. Поверхности на разрезах по разведочным профилям А-А<sub>1</sub>, В-В<sub>1</sub>, Г-Г<sub>1</sub>, Ж-Ж<sub>1</sub> имеют форму желоба, обращенного дном к плоскости разреза (рис. 1-а). Обратное расположение поверхности наблюдается для разрезов 3-3, 4-4, 8-8. Поверхности тренда для разрезов Б-Б, 5-5 и 9-9 имеют куполовидную, а 6-6 и 7-7—чашеобразную формы. В отличие от тренда меди тренд молибдена характеризуется преобладанием поверх-

ностей, имеющих форму асимметричного опрокинутого желоба. Имеются более сложные поверхности, они характеризуют разрезы по профилям А-А<sub>1</sub>, Б-Б<sub>1</sub>, Г-Г<sub>1</sub>, 4—4 (рис. 16).

Закономерности пространственного распределения элементов определяются как формой, так и ориентировкой поверхности тренда в пространстве. Последняя также весьма разнообразна. Эти особенности поверхностей тренда наглядно характеризуются в плоскости разреза направлениями наиболее интенсивного и слабого изменения величины аппроксимирующей функции, совпадающими с аналогичными тенденциями изменений содержания элемента. Дальнейшее изложение значительно

Таблица 1

Характеристики разрезов и экстремальные величины тренда меди и молибдена

№ п/п	Номера разведочных профилей	Число скважин на разрезе	Расстояние между границами разрезов в м		Величина тренда			
			по вертикали	по горизонтали	медь		молибден	
					мин.	макс.	мин.	макс.
1	А—А	3	500	560	3	279	—10	120
2	Б—Б	4	550	570	45	223	8	30
3	В—В	2	480	510	31	143	6	25
4	Г—Г	2	540	240	20	160	7	52
5	Ж—Ж	2	560	590	34	254	18	27
6	И—И	8	560	1170	2	641	—7	144
7	II—II	5	560	1070	25	239	9	48
8	IV—IV	8	590	1280	79	354	3	93
9	V—V	10	670	1730	39	274	1	63
10	VI—VI	6	620	1460	56	246	—2	74
11	VII—VII	5	500	1010	150	357	2	112
12	VIII—VIII	3	510	290	142	212	15	35
13	X—X	6	630	1200	23	532	2	114

упростится, если понятие величины аппроксимирующей функции в некоторой точке разреза заменим более привычным понятием содержания рассматриваемого элемента, сознавая, однако, что первая величина не равна второй, но тождественна систематической составляющей поля содержания элемента в этой же точке.

Указанные выше тенденции схематически представлены в виде стрелок, направленных в сторону увеличения содержания (рис. 2). Следует отметить, что на одном разрезе возможны несколько тенденций как интенсивного, так и слабого изменения содержания.

Распределения меди по разрезам А-А<sub>1</sub>, Б-Б<sub>1</sub> и В-В<sub>1</sub> обнаруживают определенное сходство, заключающееся в том, что наиболее интенсивное увеличение содержания происходит от средней части разреза к югу, одновременно к верхним горизонтам и к северу—на глубину. На этих же разрезах совпадают некоторые из имеющихся направлений минимального уменьшения содержания. Разрез Г-Г<sub>1</sub> отличается как от предыдущих, так и последующих разрезов тем, что имеет единственное вертикальное направление изменения содержания. Последующие, расположенные западнее, разрезы включают контуры промышленных руд. Первые

из них—разрезы II—II, III—III, IV—IV отличаются наиболее интенсивным увеличением содержания меди с юга на север. Разрезы, расположенные восточнее (V—V, VI—VI, VII—VII, VIII—VIII и X—X), характеризуются тенденцией интенсивного увеличения содержания меди к югу и одновременно от поверхности на глубину до уровня 1600—1700 м. Следует отметить, что на этих же разрезах наблюдаются и другие направления менее интенсивного увеличения рассматриваемой величины.

На основании сравнения изученных разрезов следует отметить следующие особенности распределения меди на изученном участке. В большинстве случаев с юга до середины разреза содержание меди увеличивается. Наряду с этой тенденцией на некоторых разрезах увеличение содержания элемента происходит и с севера до середины разреза. Содержание меди на глубину, как правило, уменьшается. В некоторых случаях, в особенности в последних разрезах, увеличение содержания происходит как с верхних, так и с нижних горизонтов к середине разреза.

Наиболее однородные части разрезов определяются минимальной интенсивностью изменения вектора. Такие области большей частью соответствуют максимальным значениям вектора меди и расположены в средних частях разрезов, на горизонте 1400—1700 м, реже в середине разреза наблюдаются наименьшие величины вектора (разрезы А-А, В-В, 2—2 и 5—5). На основании указанного можно считать, что рудный участок пространственно представляет собой объем минерализованных пород, симметричный относительно центральной части разрезов.

Пространственное распределение молибдена характеризуется следующими особенностями, схематически изображенными на рис. 2. Западные разрезы А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, Ж-Ж, характеризуются варьи-

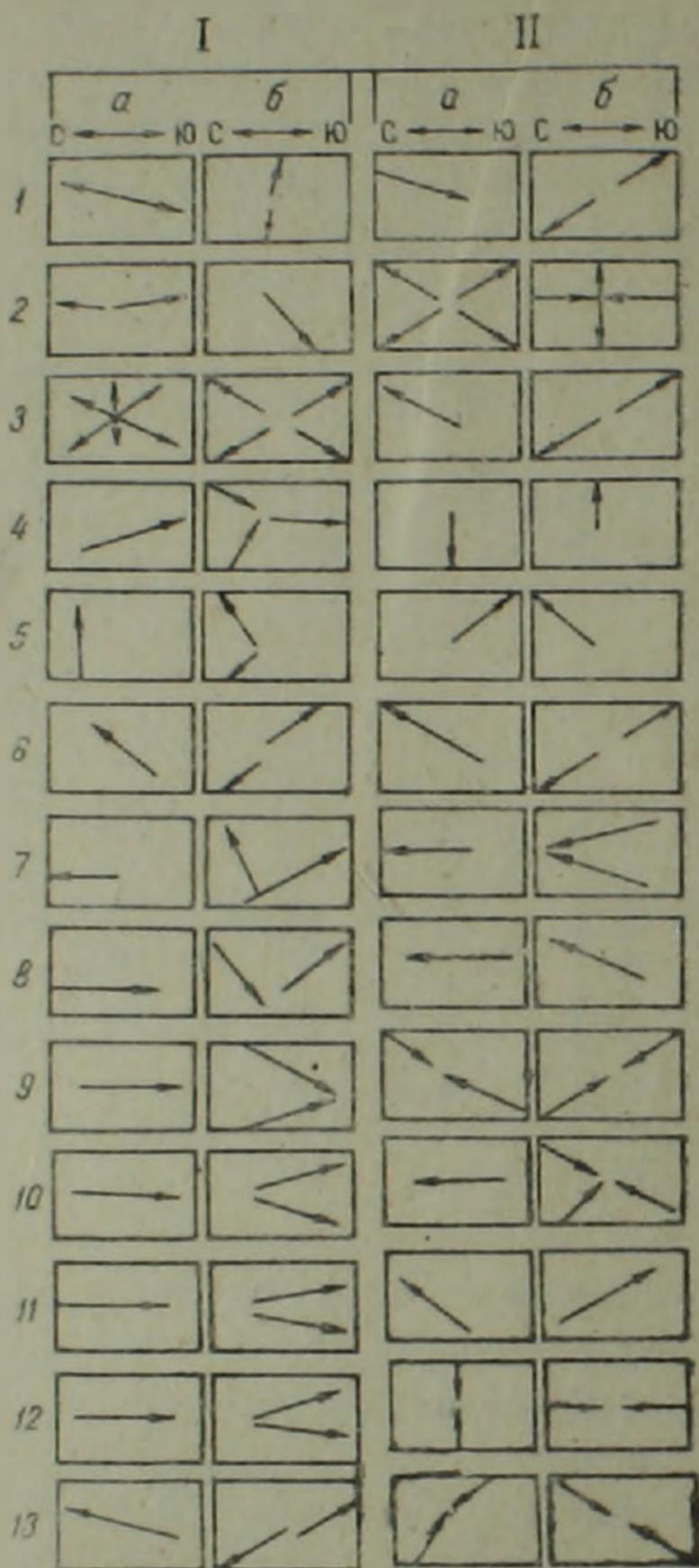


Рис. 2. Схема тренда молибдена (I) и меди (II) на вертикальных разрезах по разведочным профилям: 1. А-А<sub>1</sub>, 2. Б-Б<sub>1</sub>, 3. В-В<sub>1</sub>, 4. Г-Г<sub>1</sub>, 5. Ж-Ж<sub>1</sub>, 6. II—II, 7. III—III, 8. IV—IV, 9. V—V, 10. VI—VI, 11. VII—VII, 12. VIII—VIII, 13. X—X, а—направление минимального, б—максимального увеличения содержания.

рующими направлениями максимального увеличения содержания молибдена. Среди них, как правило, наблюдается направление с севера на юг. Восточная часть участка, охватывающая контур промышленных руд, характеризуется более стабильным направлением максимального изменения содержания молибдена. Наиболее четко выражено увеличение содержания молибдена с севера на юг (разрезы II—II, III—III, IV—IV, V—V, VI—VI и VII—VII). На ряде разрезов наблюдаются дополнительные направления менее интенсивного, но четко выраженного увеличения содержания молибдена (II—II, VI—VI, VII—VII, X—X).

На разрезах выделяются относительно однородные области, определяемые наиболее слабым изменением содержания. Обычно это горизонтальные, за исключением разреза I—Г<sub>1</sub>, области различной ширины, расположенные на первых трех разрезах на горизонте 1700—1900 м. На западных разрезах эта область расположена на более глубоких горизонтах. Следует отметить, что указанные области одновременно отличаются наименьшими содержаниями молибдена.

Сравнение трендов меди и молибдена показывает, что в пространственном распределении этих элементов наблюдаются некоторые общие черты. За небольшим исключением (разрезы Г—Г<sub>1</sub> и V—V) положения в разрезах однородных частей полей содержания элементов совпадают или очень близки. На разрезах А—А<sub>1</sub>, Б—Б<sub>1</sub>, В—В<sub>1</sub> близки также направления наиболее интенсивного увеличения обоих элементов. Начиная с разреза II—II и далее на восток, т. е. на разрезах, включающих контур промышленных руд, наблюдается совпадение положения экстремальных значений содержания элементов. Одновременно на этих же разрезах наиболее четкие и интенсивные изменения содержания меди и молибдена одинаковы и близки по направлению, но чаще обратны по знаку. Указанный факт согласуется с известной на Центральном участке месторождения отрицательной корреляцией содержания рассмотренных элементов [1].

С целью более детального изучения распределения элементов в пределах контура промышленных руд и ближайшего к нему пространства по данным восьми последовательных разрезов (начиная с разреза II—II на восток) путем интерполяции составлены объемные схемы наиболее вероятного варианта тренда меди и молибдена (рис. 3). По данной схеме главной тенденцией является наиболее контрастное изменение содержания элементов в близмеридиональных направлениях и большая стабильность—в широтном. Указанные особенности распределения элементов определяют общее близширотное простирание рудной минерализации. В широтном направлении с запада на восток область интенсивных содержания молибдена, и в некоторой степени меди, расширяется, охватывая все большую часть рассматриваемого объема, свидетельствуя, по видимому, об увеличении общей мощности оруденения. На этом фоне выделяются отдельные объемы интенсивного накопления элементов, вытянутые в меридиональном направлении, сужающиеся к северу, расширяющиеся и погружающиеся к югу, в направлении Центрального участка. Форма и пространственное положение участков экстремальных содер-

жаний меди и молибдена совпадают. Однако в средней части рассматриваемого объема наблюдается обратная зависимость между содержаниями меди и молибдена. В западной оконечности рассматриваемого объема наблюдается обогащение нижних горизонтов медью и молибденом, а в восточной — медью.

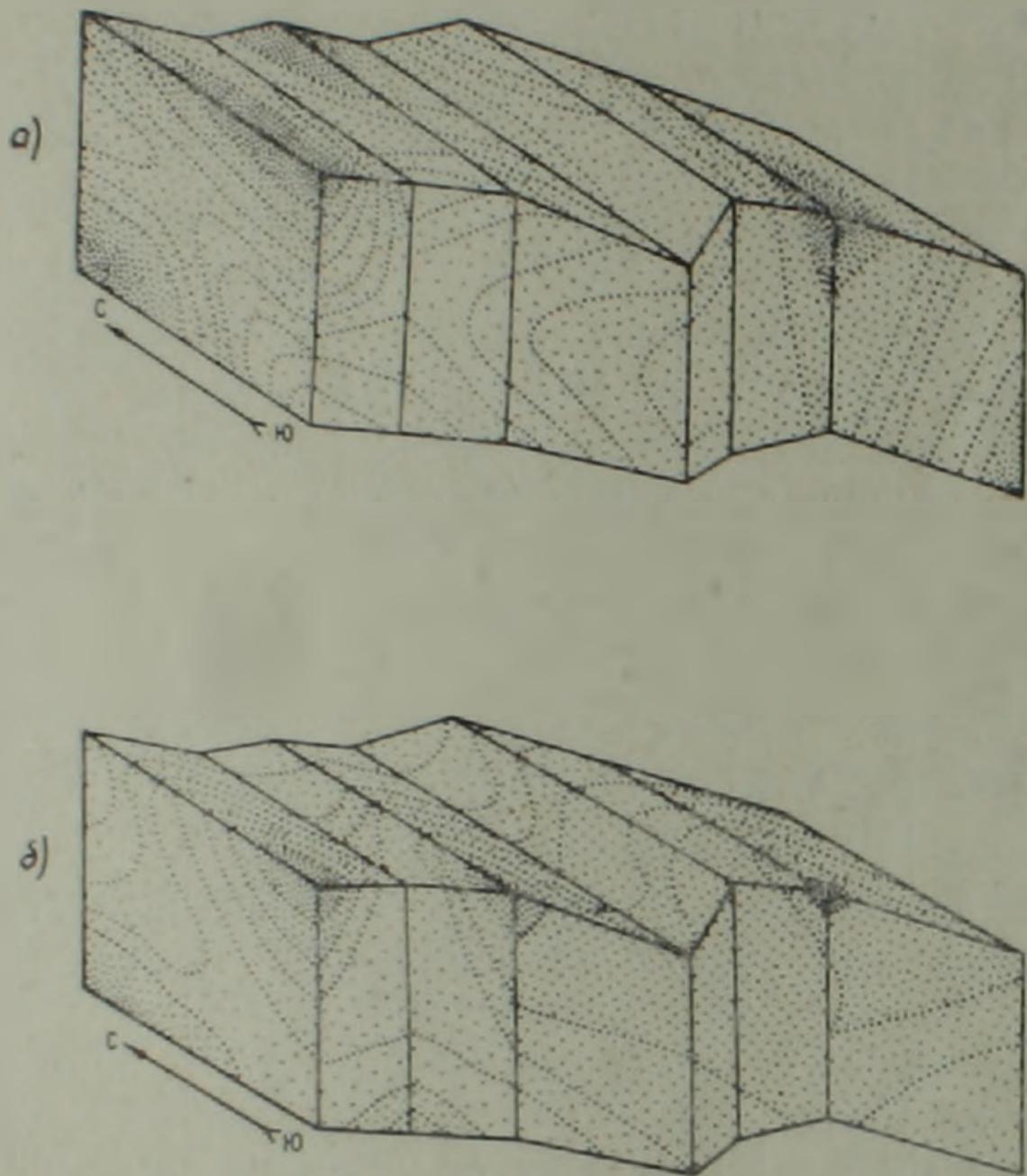


Рис. 3. Объемная схема распределения меди (а) и молибдена (б) в пространстве, ограниченном разведочными профилями 2—2 и 10—10.

Обобщая приведенный материал, необходимо отметить следующее. Пространственное распределение меди и молибдена на Левобережном участке имеет неравномерный характер. Распределение элементов в пределах блока промышленных руд подчиняется общей закономерности минерализации на участке. Объем минерализованных пород вытянут в широтном направлении и к востоку расширяется. Этот факт свидетельствует о том, что практические перспективы участка на восток, по-видимому, не ограничиваются разведочным разрезом X—X. Отдельные обогащенные зоны имеют меридиональное простирание, выклиниваются к северу в средних частях разрезов и расширяются к югу, одновременно погружаясь на глубину. Это свидетельствует о возможном примыкании таких зон к Центральному участку.

Рудная минерализация на глубину убывает. На некоторых разрезах, однако, наблюдается тенденция увеличения содержания элементов с глубины 1400—1600 м, указывающая на возможность наличия промыш-

ленных руд на глубоких горизонтах. В частности, на северной границе участка наблюдается увеличение на глубину содержания меди и молибдена параллельно падающему на север контакту монцитов с орго-викованными порфиритами.

Пространственное совпадение наиболее важных тенденций изменения содержания меди и молибдена свидетельствует о едином плане (на разрезах) минерализации этих элементов. Одновременно наблюдаемые различия, в основном выражающиеся в обратной связи между величинами содержания этих элементов и тенденциями их изменения, свидетельствуют о зональности рудной минерализации.

Приведенные особенности распределения меди и молибдена широко наблюдаются на Центральном участке месторождения, подтверждая мнение о том, что Левобережный участок является частью единой рудной минерализации Каджаранского рудного поля. В то же время изученный рудный участок характеризуется конкретными закономерностями пространственного размещения рудной минерализации, определяющими направления его дальнейшего изучения.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 19.VI. 1980.

Ա. Ա. ԱՎԱԳՅԱՆ, Վ. Ե. ՎՐԹԱՆԵՍՈՎ

ՔԱԶԱՐԱՆԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԻ ԶԱԽԱՓՆՅԱ ՏԵՂԱՄԱՍՈՒՄ  
ՊՂՆՁԻ ԵՎ ՄՈՂԻՐԴԵՆԻ ՏԱՐԱԾԱԿԱՆ ՏԵՂԱՔԱՇԽՄԱՆ  
ՕՐԻՆԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՀԱՄԱՐ  
ՏՐԵՆԴ-ԱՆԱԼԻԶԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՄԻ ՓՈՐՁ

Ա մ փ ո փ ու մ

Քաջարանի հանքադաշտի հյուսիսային մասի Զախափնյա հանքային տեղամասում տրենդ-անալիզի միջոցով ուսումնասիրված է գլխավոր հանքային բաղադրիչների տարածական տեղաբաշխումը: Կառուցված է պղնձի և մոլիբդենի մակերևույթների տրենդը յուրաքանչյուր 100 մետրով անցնող ուղղաձիգ կտրվածքներով: Այս մակերևույթների համեմատությունը բացահայտում է հետևյալ օրինաչափությունները:

Պղնձի և մոլիբդենի տարածական տեղաբաշխումն ունի անհավասարաչափ բնույթ, իսկ հանքայնացված ապարները ձգվում են լայնակի ուղղությամբ և դեպի արևելք նրանց ելքերը մեծանում են: Առանձին հարստացված զոնաներն ունեն միջօրեական ուղղություն և լայնանում են հյուսիսից հարավ՝ խորասուզվելով դեպի խորքը:

Պղնձի և մոլիբդենի պարունակությունների փոփոխման առավել կարևոր տենդենցները համընկնում են: Միաժամանակ նկատվում է այդ տենդենցների նշանների տարբերություն, որն արտահայտվում է տեղամասում հանքային զոնալականության առկայությամբ:

Պղնձի և մոլիբդենի տարածական տեղաբաշխման բնույթը վկայում է այն մասին, որ Զախափնյա տեղամասը հանդիսանում է Քաջարանի հանքադաշտի միասնական հանքայնացման անխզելի մասը:

A TEST OF TREND-ANALYSIS APPLICATION FOR STUDYING  
THE SPATIAL DISTRIBUTION REGULARITIES OF COPPER AND  
MOLYBDENUM ON THE LEFT BANK ORE AREA OF  
KADJARAN DEPOSIT

Abstract

On the Left bank ore area which represents the north flank of Kadjaran ore field by means of trend-analysis the spatial distribution of main ore components are studied. Surfaces of copper and molybdenum trends along the vertical sections after each 100 m are constructed. Comparing these surfaces reveals the following regularities. The spatial distribution of Cu and Mo has an irregular character and the volume of mineralized rocks stretches out to the latitudinal direction and enlarges to the east. Separate enriched zones have meridional strikes, pinching out to the north and enlarge to the south sinking to the depth. The most important tendencies of Cu and Mo contents changing are spatially coincided. Simultaneously the differences of signs of these tendencies are observed which express the ore zonality on the area.

The character of spatial distribution of copper and molybdenum testifies to the Left bank area to be a part of common mineralization of the Kadjaran ore field.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арапов В. И. Методы математической обработки геологических данных на ЭВМ. М., 1977.
2. Голышко И. Н. Программы для ЭЦВМ БЭСМ-4 (ВСЕГЕИ), Л., 1972.
3. Каждан А. В., Гуськов О. И., Шиманский А. А. Математическое моделирование в геологии и разведке полезных ископаемых. «Недра», М., 1979.
4. Карамян К. А. Геологическое строение, структура и условия образования медно-молибденовых месторождений Зангезурского рудного района. Изд. АН Арм.ССР, Ереван, 1978.
5. Кромбейн У., Грейбил Ф. Статистические модели в геологии. «Мир», М., 1969.