

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ-ИНДИКАТОРОВ  
В ЗОЛОТОКВАРЦЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ  
КИНДИКАН-ИРОКИНДИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА  
(СЕВЕРНАЯ БУРЯТИЯ)**

Л. Ф. МИТРОФАНОВ

(ПРЕДСТАВЛЕНА НАУЧНЫМ СЕМИНАРОМ КАФЕДРЫ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ)

Золоторудные кварцевые жилы месторождений Киндикан-Ирокиндинского рудного узла расположены на площади развития метаморфических пород, слагающих тектонический выступ архейского фундамента, известного под названием Южно-Муйской глыбы [8]. В геологическом строении этой глыбы принимают участие гнейсы различного состава (гранатово-пироксеновые, гранатово-амфиболовые, амфиболово-пироксеновые парагнейсы и гранатово-слюдистые гнейсы), кальцифиры, метаморфизованные известняки и амфиболиты. Породы метаморфического комплекса прорываются многочисленными дайками архейских плагногранитов и мезозойскими дайками диоритов и фельзит-порфириров [7]. С последними генетически связывается золоторудная минерализация района (Н. П. Андреев, А. А. Гамчан, 1959). В структурном отношении все рудные тела локализуются в тектонических трещинах северо-восточного, северо-западного и субширотного (70—80°) простирания, оперяющих Ирокиндинский разлом, который с запада окаймляет Южно-Муйскую глыбу, отделяя ее от протерозойского обрамления [6].

Рудные тела на 90—95% (на отдельных участках на 100%) сложены кварцем. Из других жильных минералов присутствуют кальцит и анкерит. В составе некоторых кварцевых жил отмечаются серицит и хлорит (делессит). Рудные минералы представлены в основном сульфидами (содержание их не превышает обычно 1%): галенитом, пиритом, сфалеритом, халькопиритом, халькозином и арсенопиритом. В значительных количествах на верхних горизонтах некоторых промышленных рудных тел присутствует блеклая руда. Самородные минералы представлены золотом и серебром [4]. По указанному минеральному составу золоторудные месторождения описываемого рудного узла классифицируются как малосульфидные [6, 7].

В вещественном составе руд имеются в качестве примесей медь, цинк, свинец, кобальт, никель, хром, цирконий, барий, стронций. В верхних горизонтах отдельных жил присутствуют сурьма и мышьяк. Иногда появляются вольфрам, молибден и серебро. Из всех этих сопутствующих золотому оруденению элементов нужно было выявить элементы-индикаторы. С этой целью проводилось металлотрическое опробование (вес проб 150—200 г) в виде пунктирных борозд отдельно по рудным телам, и отдельно по вмещающим гидротермально измененным и неизменным породам. Все металлотрические пробы были подвергнуты приближенно-количественному спектральному анализу на 32 элемента. Анализы выполнялись инженерами-спектроскопистами



ЦЛ Уральского геологического управления Г. М. Подживаловой, В. Г. Бессоновой и Н. Ф. Бабиковой.

Как указывает А. А. Сауков и другие исследователи [4, 9], важное значение для выявления аномалий и ореолов рассеяния имеет определение натурального фона или местного нормального поля тех элементов, поиски которых производятся в районе. Янишевским и др. [3, 4, 10] натуральный фон или местное нормальное поле названо геохимическим фоном. В дальнейшем употребляется термин геохимический фон (сокращенно ГФ), для определения которых по всем разновидностям пород, слагающим территорию рудного узла, отобраны металлотрические пробы (40—50 проб для каждой разновидности). Элементами-индикаторами для Киндикан-Ирокиндинского рудного узла являются цинк, свинец, медь, распределение которых в породах узла подчиняется нормальному, реже логнормальному закону. Закон распределения определялся в основном графическим путем по вероятностному трафарету Разумовского [1]. Ореолы рассеяния у цинка и меди наиболее четкие и очень узкие; несколько шире, но тоже очень четкие — у свинца. Геохимические фоны (табл. 1) указанных элементов рассчитывались как среднее арифметическое и определялись по кумуляте Разумовского [1].

Таблица

Геохимические фоны меди, свинца и цинка в породах Киндикан-Ирокиндинского рудного узла

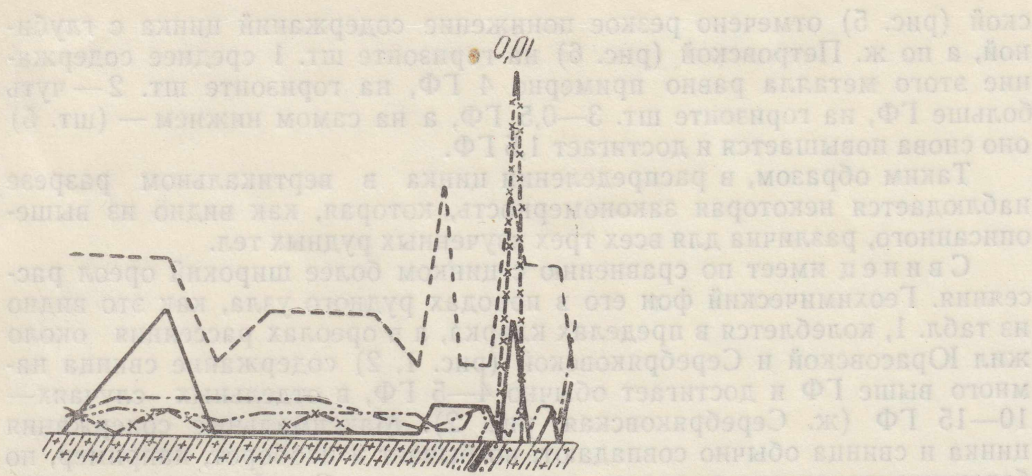
Породы	Кол-во проб	Геохимические фоны		
		Cu	Pb	Zn
Гранатово-пироксеновые парагнейсы	51	0.003	0.004	0.002
Амфиболиты	56	0.004	0.008	0.004
Амфиболовые и амфибол-пироксеновые парагнейсы	39	0.007	0.008	0.0012
Гранатово-сланцевые породы	49	0.0035	0.006	0.0014
Гранаты	44	0.002	0.002	0.0015
Мигматиты теневые	58	0.0057	0.0044	0.0017
Кальцифиры	13	0.0015	0.001	0
Диориты	6	0.006	0.007	0.0015

Ниже приводится краткое описание ореолов рассеяния элементов-индикаторов.

Цинк около золоторудных кварцевых жил Киндикан-Ирокиндинского рудного узла имеет очень узкий ореол рассеяния, который, как правило, приурочивается непосредственно к рудным телам и участкам в них с наиболее высоким содержанием сульфидов, особенно сфалерита. В отдельных случаях незначительное повышение (1,5—2ГФ) наблюдается около небольших зонок нарушенных (интенсивно рассланцованных, часто с глиной трения) пород, при этом они чаще наблюдаются в лежащих боках зонок (рис. 2). Следует отметить, что содержание цинка в измененных породах со стороны висячих боков рудных тел с удалением от последних понижается по сравнению с ГФ для соответствующих неизмененных пород (рис. 1, 2), а в отдельных случаях совершенно отсутствует (шт. 8, жила Юрасовская, рис. 1).

Распределение среднего содержания цинка по вертикали как по породам, вмещающим исследованные жилы (Серебряковскую, Юрасовскую и Петровскую), так и непосредственно по рудным телам, различное. Например, по ж. Серебряковской (рис. 3, 4) содержание цинка во вмещающих породах на поверхности близко к ГФ, на гори-

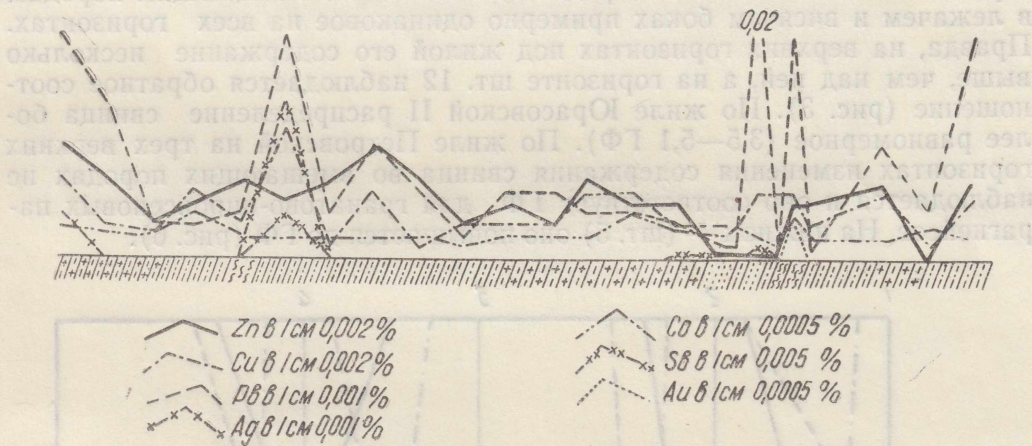




$Zn \text{ в } 1 \text{ см } 0,002 \%$      $Co \text{ в } 1 \text{ см } 0,0005 \%$   
 $Pb \text{ в } 1 \text{ см } 0,001 \%$      $Ag \text{ в } 1 \text{ см } 0,001 \%$   
 $Cu \text{ в } 1 \text{ см } 0,002 \%$

1    2    3  
 4    5    6

Рис. 1. Графики распределения элементов-примесей около жилы Юрасовской (шт. 8). 1. Березиты. 2. Гранатово-пироксеновые парагнейсы. 3. Гранатово-сланцевые породы. 4. Амфиболовые и амфиболово-пироксеновые парагнейсы. 5. Зона нарушения. 6. Рудное тело



$Zn \text{ в } 1 \text{ см } 0,002 \%$      $Co \text{ в } 1 \text{ см } 0,0005 \%$   
 $Cu \text{ в } 1 \text{ см } 0,002 \%$      $Sb \text{ в } 1 \text{ см } 0,005 \%$   
 $Pb \text{ в } 1 \text{ см } 0,001 \%$      $Au \text{ в } 1 \text{ см } 0,0005 \%$   
 $Ag \text{ в } 1 \text{ см } 0,001 \%$

Рис. 2. Графики распределения элементов-примесей около жилы Серебряковской (шт. 11). Условные обозначения на рис. 1

зонте шт. 10 — много меньше ГФ, далее с глубиной его содержание заметно повышается и на горизонте шт. 12 приближается к ГФ для амфиболовых и амфиболово-пироксеновых парагнейсов. Среднее содержание цинка во вмещающих породах со стороны лежащего бока жилы на поверхности и на горизонте шт. 12 несколько выше, чем в породах висячего бока ее, а на уровне шт. 10 и 11, наоборот, оно выше в породах висячего бока. Затем, если в породах со стороны лежащего бока на средних горизонтах наблюдается значительное понижение среднего содержания цинка, а на поверхности и на нижнем горизонте (шт. 12) — повышение, то в породах висячего бока оно практически не изменяется, хотя и отмечается незначительное понижение с глубиной. В рудном теле данной жилы среднее содержание с глубиной заметно понижается и на последнем горизонте равно 0,5 ГФ. По гидротермально измененным породам, вмещающим жилы Петровскую и Юрасовскую с глубиной, также наблюдается четкое понижение среднего содержания цинка. Непосредственно по рудному телу ж. Юрасов-



ской (рис. 5) отмечено резкое понижение содержаний цинка с глубиной, а по ж. Петровской (рис. 6) на горизонте шт. 1 среднее содержание этого металла равно примерно 4 ГФ, на горизонте шт. 2 — чуть больше ГФ, на горизонте шт. 3—0,5 ГФ, а на самом нижнем — (шт. 5) оно снова повышается и достигает 1,5 ГФ.

Таким образом, в распределении цинка в вертикальном разрезе наблюдается некоторая закономерность, которая, как видно из вышеописанного, различна для всех трех изученных рудных тел.

Свинец имеет по сравнению с цинком более широкий ореол рассеяния. Геохимический фон его в породах рудного узла, как это видно из табл. 1, колеблется в пределах кларка, а в ореолах рассеяния около жил Юрасовской и Серебряковской (рис. 1, 2) содержание свинца намного выше ГФ и достигает обычно 4—5 ГФ, в отдельных случаях—10—15 ГФ (ж. Серебряковская, рис. 2). Максимальные содержания цинка и свинца обычно совпадают, но бывает и наоборот, например, по березитизированным породам, вмещающим ж. Серебряковскую, отмечается очень высокое содержание свинца, а цинка — заметно ниже ГФ (рис. 2).

Распределение свинца в вертикальных разрезах по исследованным рудным телам отличается разнообразием. Например, по вмещающим жилу Серебряковскую породам (рис. 3) его содержание на поверхности достигает 5—6 ГФ, на горизонте шт. 10 оно резко понижается до 1—1,5 ГФ, а с горизонта шт. 11 резко повышается, достигая на горизонте шт. 12 11 ГФ. Распределение свинца по вмещающим породам в лежащем и висячем боках примерно одинаковое на всех горизонтах. Правда, на верхних горизонтах под жилой его содержание несколько выше, чем над ней, а на горизонте шт. 12 наблюдается обратное соотношение (рис. 3). По жиле Юрасовской 11 распределение свинца более равномерное (3,5—5,1 ГФ). По жиле Петровской на трех верхних горизонтах изменения содержания свинца во вмещающих породах не наблюдается и оно соответствует ГФ для гранатово-пироксеновых парagneйсов. На нижнем — (шт. 5) оно повышается до ГФ (рис. 6).

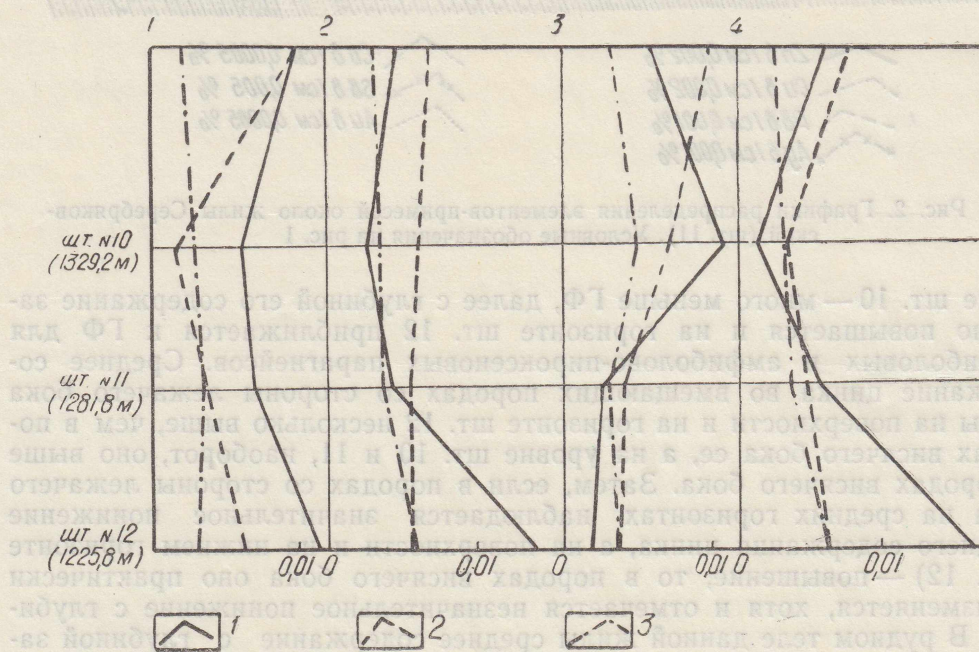


Рис. 3. Графики изменения с глубиной средних содержаний элементов-индикаторов в ореолах и по рудному телу (ж. Серебряковская). 1. По породам лежащего бока. 2. Висячего бока. 3. По рудному телу. 4. В целом по вмещающим породам. 1. Свинец. 2. Цинк. 3. Медь



В распределении свинца по собственно жилам Серебряковской и Юрасовской по вертикали отмечается тенденция к понижению среднего содержания с глубиной. По жиле Серебряковской выявляется пик на горизонте шт. 10, примерно равный 10 ГФ, а к горизонту шт. 12 содержание свинца снижается до 1 ГФ (рис. 3). По жиле Юрасовской понижение содержания этого металла с глубиной незначительное, достигающее на горизонте шт. 8 примерно 4 ГФ против 6 ГФ на горизонте шт. 6 (рис. 5).

Кроме вышеописанных ореолов рассеяния элементов-индикаторов свинца и цинка по исследованным рудным телам было изучено и их индикаторное отношение [2]. Для вычисления последнего использованы средние содержания указанных элементов на соответствующих горизонтах. По жиле Серебряковской индикаторное отношение свинца к цинку, содержащихся во вмещающих породах, отчетливо увеличивается с глубиной. Если на поверхности это отношение равно 0,865, то уже на следующих горизонтах оно больше единицы и равно, соответственно, на горизонте шт. 10 — 1,115, шт. 11 — 1,231, шт. 12 — 2,294. Такое устойчивое повышение индикаторного отношения характерно для вмещающих жилу пород в целом. Вместе с тем, для пород лежащего бока также устанавливается тенденция к увеличению индикаторного отношения с глубиной, но график его (рис. 4) характеризуется наличием

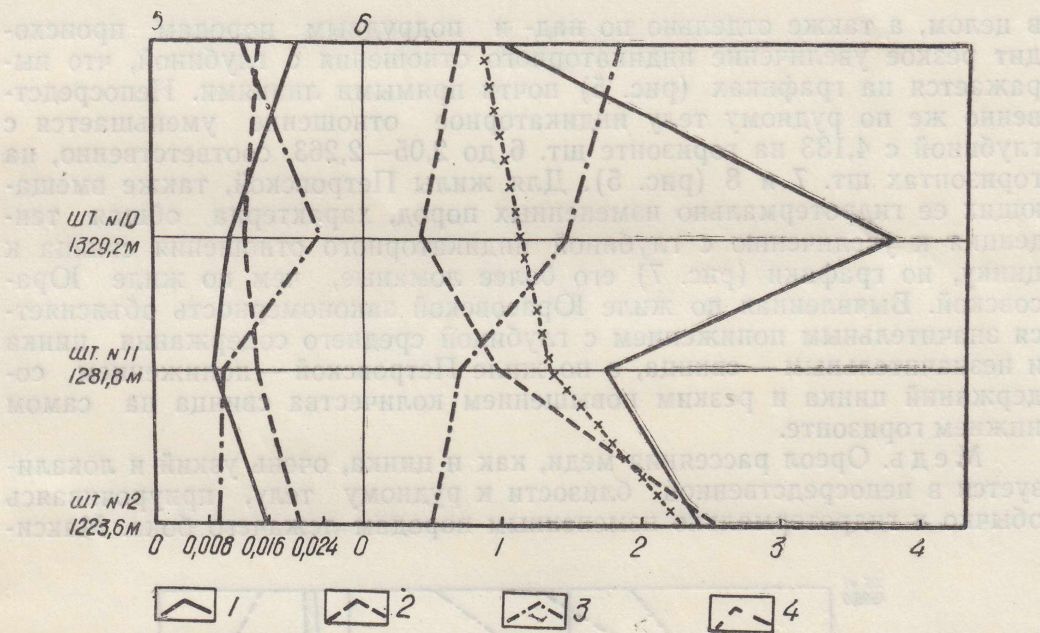


Рис. 4. Графики изменения с глубиной. 1 — суммы элементов-индикаторов, II — индикаторного отношения свинца к цинку (ж. Серебряковская). 1. По породам лежащего бока. 2. Висячего бока. 3. По рудному телу. 4. В целом по вмещающим породам

больших пиков. Это влияние определяется тем, что цинк, распределенный, вероятно, равномерно по вертикали в подрудных породах, выношен из них, а свинец привносился.

Это суждение основывается на сравнении геохимических фонов цинка и свинца (соответственно 0,008 и 0,0012—0,002) со средним содержанием этих металлов в надрудных гидротермально измененных породах, соответственно равным 0,004—0,006% и 0,003—0,014%. По рудному телу наблюдается отчетливое, устойчивое снижение индикаторного отношения с глубиной с 1,818 на поверхности до 0,487 на горизонте шт. 12 (рис. 4). Такое четкое понижение этого отношения по па-



дению жилы Серебряковской объясняется тем, что в этом же направлении происходит более интенсивное уменьшение содержаний свинца по сравнению с цинком. При этом общее содержание обоих элементов также снижается с глубиной.

Совершенно иная картина наблюдается по жилам Юрасовской и Петровской (рис. 5, 7). По вмещающим жилу Юрасовскую породам

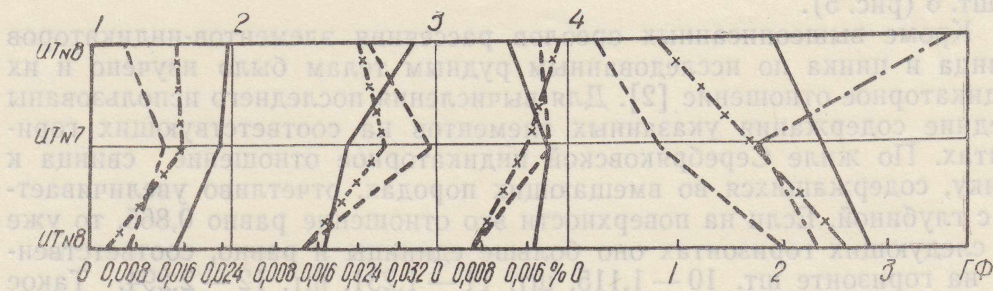


Рис. 5. Графики изменения с глубиной (ж. Юрасовская). 1. Элементов-индикаторов по рудному телу. 2. Их суммы. 3. По вмещающим породам лежащего и висящего боков. 4. Индикаторного отношения свинца к цинку. Условные обозначения на рис. 3 и 4

в целом, а также отдельно по над- и подрудным породам происходит резкое увеличение индикаторного отношения с глубиной, что выражается на графиках (рис. 5) почти прямыми линиями. Непосредственно же по рудному телу индикаторное отношение уменьшается с глубиной с 4,133 на горизонте шт. 6 до 2,05—2,263, соответственно на горизонтах шт. 7 и 8 (рис. 5). Для жилы Петровской, также вмещающих ее гидротермально измененных пород, характерна общая тенденция к увеличению с глубиной индикаторного отношения свинца к цинку, но графики (рис. 7) его более ломаные, чем по жиле Юрасовской. Выявленная по жиле Юрасовской закономерность объясняется значительным понижением с глубиной среднего содержания цинка и незначительным — свинца, а по жиле Петровской — понижением содержаний цинка и резким повышением количества свинца на самом нижнем горизонте.

Медь. ореол рассеяния меди, как и цинка, очень узкий и локализуется в непосредственной близости к рудному телу, приурочиваясь обычно к гидротермально измененным породам лежащего бока. Макси-

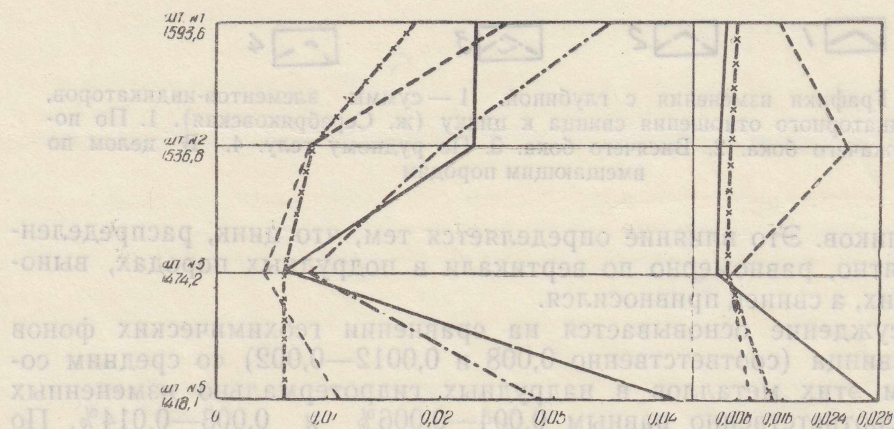


Рис. 6. Графики изменения с глубиной элементов-индикаторов (ж. Петровская). I — по рудному телу; II — по вмещающим породам. Условные обозначения на рис. 3



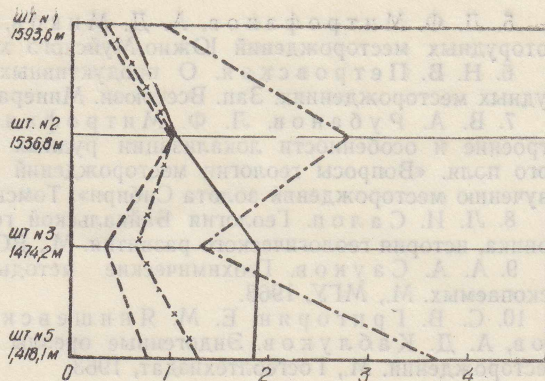


Рис. 7. Графики изменения с глубиной индикаторного отношения свинца к цинку по ж. Петровской. Условные обозначения на рис. 4

мальные содержания ее, как правило, совпадают с максимумами цинка и свинца. В распределении меди по вертикали не наблюдается значительных колебаний. Так, по жилам Серебряковской и Петровской содержание меди во вмещающих породах как в целом, так и по породам всячего и лежащего боков несколько выше на нижних горизонтах (рис. 3, 6), а по жиле Юрасовской — на верхних (рис. 5). Непосредственно же по исследованным рудным телам происходит четкое понижение средних содержаний меди с глубиной.

Из приведенных материалов можно сделать некоторые выводы.

1. Ореолы рассеяния для элементов-индикаторов различны: у цинка и меди они узкие и приурочиваются к участкам в рудных телах со значительной концентрацией сульфидов, у свинца — более широкие. Максимальные концентрации этих элементов, как правило, совпадают.

2. Среднее содержание элементов-индикаторов по падению в жилах Юрасовской и Серебряковской имеет тенденцию к понижению, при этом содержания цинка и меди в указанных жилах близки, а свинца — в Юрасовской значительно выше, чем в Серебряковской на всех горизонтах. По жиле Петровской на трех верхних горизонтах наблюдается аналогичное распределение этих элементов, а на четвертом — среднее их содержание резко повышается.

3. По жилам Петровской и Юрасовской графики индикаторных отношений свинца к цинку имеют ломаный характер, но с четкой тенденцией к повышению его значения на нижних горизонтах, а по жиле Серебряковской он резко и устойчиво снижается.

4. Выявленная зональность в распределении элементов-индикаторов, повышение индикаторного отношения свинца к цинку на нижних горизонтах могут указывать на перспективность с глубиной жилы Петровской и, частично, Юрасовской и отсутствие таковой для жилы Серебряковской.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. А. Беус, С. В. Григорян, М. Т. Ойзерман, П. Г. Челокян, А. А. Стояновский. Руководство по предварительной математической обработке геохимической информации при поисковых работах. М., «Недра», 1965.
2. И. И. Гинзбург, Г. И. Россман, К. М. Муканов, И. В. Борисевич, Ю. В. Гольцман, И. Б. Иванов, И. В. Чернышев. Применение геохимических методов при металлогенических исследованиях рудных районов. М., «Недра», 1966.
3. С. В. Григорян, Е. М. Янишевский. Эндогенные геохимические ореолы рудных месторождений. М., «Недра», 1968.
4. Использование ореолов рассеяния урана и элементов-спутников при поисках и разведке урановых месторождений. (Методическое руководство) М., «Недра», 1964.



