Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LVI, вып. 2, 1969 г.

ГЛУБИННОСТЬ ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ПОИСКОВ ПО ЭЛЮВИО-ДЕЛЮВИАЛЬНЫМ ОРЕОЛАМ РАССЕЯНИЯ

Е. М. Квятковский

При поисковой литохимической съемке по остаточным элювио-делювиальным ореолам рассеяния пробы отбирают, как правило, с глубины 15—20 *см*, непосредственно ниже растительного слоя. Вместе с тем известно, что концентрация металла в ореоле убывает с увеличением мощности делювия. Очевидно, при значительной мощности делювия концентрация металла в подпочвенном слое может стать ниже предела чувствительности определения данного элемента. При весьма чувствительных методах анализа проб глубинность литохимической съемки будет лимитироваться точностью анализа и неравномерностью содержания полезного металла в коренных породах, вмещающих рудное тело. Исходя из этого, при литохимической съемке необходимо иметь хотя бы грубое представление о глубинности метода — о той предельной мощности элювия-делювия, при которой в подпочвенном слое концентрации металла будут еще достаточные для надежного обнаружения ореола.

Оловянные и вольфрамовые месторождения при выветривании образуют механические ореолы, формирование которых обусловлено рассеянием обломков коренных пород и рудного тела в элювии и делювии и сползанием делювия вниз по склону. Для исключения сползания делювия рассмотрим формирование ореола над рудным телом жильной формы при горизонтальной поверхности рельефа (элювиальный ореол). Чтобы ограничиться решением плоской задачи, т. е. рассматривать ореол лишь в плоскости, перпендикулярной к жиле, примем длину рудного тела по простиранию достаточно большой.

В основу расчета содержания металла в ореоле положим следующие предположения.

1. Ширина ореола прямо пропорциональна мощности элювия (рис. 1, *а*)

$$l_Z = kZ + \frac{h}{2}, \qquad (1)$$

где k — коэффициент рассеяния; Z — мощность элювия; h — мощность рудного тела.

Действительно, как отмечает Ю. А. Билибин [1938], элювиальная россыпь имеет в поперечном сечении форму трапеции, широкое основание которой расположено на поверхности, а узкое — на границе элювия и коренных пород. Для рудных тел жильной формы при $Z \geqslant h$

справедливо неравенство $kZ \gg \frac{h}{2}$, т. е. ширина ореола практически не зависит от мощности жилы,

$$l_Z = kZ. \tag{2}$$

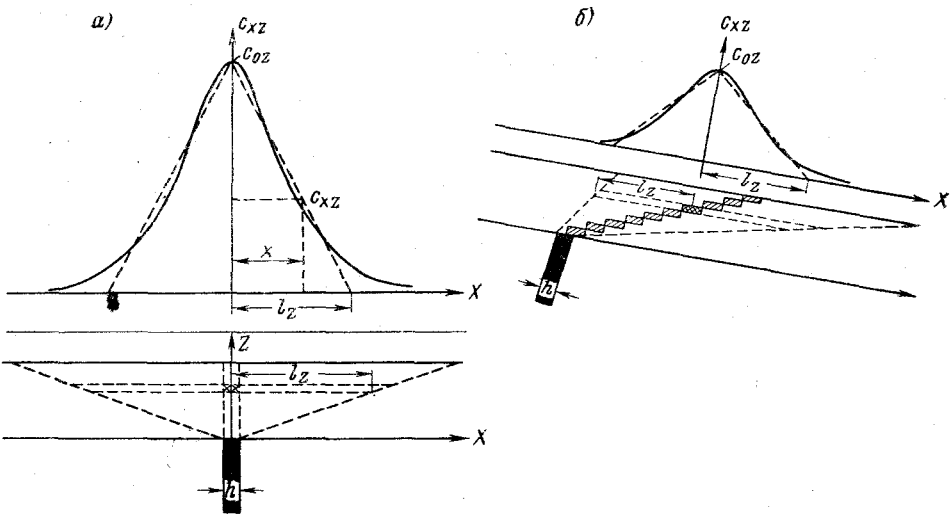


Рис. 1. Идеализированные вертикальные разрезы элювиального *а* и делювиального *б* ореолов рассеяния рудной жилы

2. Гравитационная дифференциация и избирательный вынос отдельных минералов из элювия не играют заметной роли, т. е. количества металла в ореоле и соответствующем сечении рудного тела равны (рис. 1, *а*)

$$c\,h = \sum c_{xZ}\,\Delta x, \tag{3}$$

где c и c_{xZ} — содержание металла, соответственно, в рудном теле и в точке x ореола на горизонте опробования Z; Δx — расстояние между точками опробования.

3. Концентрация металла внутри каждого элементарного слоя элювия линейно убывает от центра ореола к периферии (рис. 1, *б*)

$$\frac{c_{oZ}}{c_{xZ}} = \frac{l_Z}{l_Z - x}, \tag{4}$$

где c_{oZ} и c_{xZ} — содержание металла, соответственно, в эпицентре ореола и на расстоянии x от эпицентра на горизонте опробования Z.

Допустив эти предположения, легко вычислить содержание металла в эпицентре ореола и *видимую* ширину ореола при заданной мощности рыхлых отложений (элювия). На основании второго и третьего предположений можно записать

$$c\,h = c_{xZ}\,l_Z.$$

Полученную зависимость можно использовать для оценки перспективности оруденения по данным литохимической съемки. Действительно, зная содержание металла в эпицентре ореола c_{oZ} и ширину ореола $2l_Z$, легко вычислить содержание металла в рудном теле ch.

Подставив вместо l_Z значение kZ согласно зависимости (2), получим

$$c\,h = c_{oZ}\,k\,Z,$$

откуда

$$Z = \frac{c\,h}{k\,c_{oZ}}. \tag{5}$$

Формулу (5) можно использовать для оценки максимальной глубинности литохимической съемки. Действительно, задаваясь минимальным кондиционным содержанием металла в рудном теле ch, минимальным содержанием металла в эпицентре ореола $c_{oZ} = c_{\text{ан. min}}$, которое уверенно фиксируется анализом, и зная коэффициент рассеяния k для условий формирования ореола рассеяния, можно определить максимальную мощность элювиальных отложений, при которой еще устанавливается ореол рассеяния

$$Z_{max} = \frac{c\,h}{k\,c_{\text{ан. min}}}. \tag{6}$$

Концентрация металла в эпицентре ореола c_{oZ} при заданных значениях Z, ch и k, в соответствии с формулой (5),

$$c_{oZ} = \frac{c\,h}{k\,Z}. \tag{7}$$

Видимая ширина ореола рассеяния от рудного тела жильной формы при заданной мощности рыхлых отложений и минимальном аномальном содержании металла на границе ореола $c_{\text{ан. min}}$ по формулам (4) и (7)

$$x_{\text{вид}} = k\,Z\left(1 - \frac{k\,Z\,c_{\text{ан. min}}}{c\,h}\right). \tag{8}$$

Решая это уравнение относительно z, оценим мощность рыхлых отложений, при которой для заданных параметров рудного тела видимая ширина ореола будет максимальной,

$$Z = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 4\,\frac{c_{\text{ан. min}}\,x_{\text{вид}}}{c\,h}}}{2\,k\,\frac{c_{\text{ан. min}}}{c\,h}}. \tag{9}$$

Действительные корни можно получить при условии сохранения неравенства

$$4\,\frac{c_{\text{ан. min}}\,x_{\text{вид}}}{c\,h} \leqslant 1$$

или

$$x_{\text{вид. max}} = \frac{c\,h}{4\,c_{\text{ан. min}}}. \tag{10}$$

Подставив (10) в (9), получим выражение оптимального $Z_{\text{опт}}$, при котором видимая ширина ореола достигает максимума

$$Z_{\text{опт}} = \frac{c\,h}{2\,k\,c_{\text{ан. min}}}. \tag{11}$$

Сопоставление формул (11) и (6) показывает, что

$$Z_{max} = 2\,Z_{\text{опт}}.$$

Выведенные формулы элювиального ореола можно применять и для расчета делювиальных ореолов — для случая сползания делювия вниз по склону. Слои, залегающие ближе к дневной поверхности, сползут на большее расстояние, а расположенные у поверхности коренных пород — на меньшее. Смещение эпицентра ореола вниз по склону относительно выхода рудного тела под рыхлые отложения будет тем бóльшим, чем больше мощность рыхлых отложений и чем больше угол наклона поверхности рельефа (рис. 1, *б*). Величина смещения эпицентра ореола изучена А. П. Солововым [1959]. Важно подчеркнуть, что ширина ореола в общем случае прямо пропорциональна мощности рыхлых отложений, т. е. и при сползании делювия остается справедливой зависимость (2). Величина же коэффициента рассеяния в некоторой степени зависит от скорости и направления сноса делювия. Рассеяние вкрест сноса $k_{\perp}$ будет всегда меньше рассеяния вдоль сноса $k_{\parallel}$. Это различие тем большее, чем больше средняя скорость сползания делювия, т. е. чем больше угол наклона поверхности рельефа. При увеличении угла наклона рельефа $k_{\perp}$ уменьшается, $k_{\parallel}$ увеличивается. Средние их значения определяются для района опытными работами по литохимической съемке над известными рудными телами. Так, для одного из оловорудных районов при углах наклона поверхности рельефа до 10—15° $k_{\perp}$ изменяется от 5 до 20, а $k_{\parallel}$ — от 10 до 40. Приближенно для этого угла наклона можно принять $k_{\perp}=10$ и $k_{\parallel}=20$.

Когда рудное тело образует с поверхностью коренных пород угол 90°, равенство (3) будет справедливо и для делювиальных ореолов. При иных условиях залегания рудного тела в левой части равенства должна фигурировать видимая мощность тела $h'=\frac{h}{\cos\alpha}$ (α — угол между рудным телом и поверхностью коренных пород).

Пользуясь указанными закономерностями, можно приближенно оценить глубинность литохимической съемки при поисках месторождений олова и вольфрама жильного типа.

Месторождения олова. Допустим, практический интерес представляют жилы с содержанием олова от 5% и больше при $h=1$ *м*. Фоновые содержания олова во вмещающих породах $c_{\text{ф}}=0{,}002\%$, чувствительность анализа 0,001% и точность анализа ±30%, т. е. $\varepsilon=1{,}3$. Тогда с вероятностью 0,99 можно принять

$$c_{\text{ан. min}}=c_{\text{ф}}\,\varepsilon^{3}-c_{\text{ф}}=0{,}002\%.$$

Если простирание жил совпадает с горизонталями рельефа, то при $k_{\parallel}=20$ по формуле (11)

$$Z_{\text{опт}}=\frac{c\,h}{2\,k\,c_{\text{ан. min}}}=\frac{0{,}5}{40\cdot 0{,}002}\approx 6\ м.$$

Если простирание жил совпадает с направлением сноса делювия, то при $k_{\perp}=10$, соответственно, $Z_{\text{опт}}\approx 12$ *м*.

Максимальная видимая полуширина ореола $x_{\text{вид. max}}$, в соответствии с формулой (10), для обоих случаев равна 125 *м*.

Месторождения вольфрама. Допустим, что практический интерес представляют жилы с содержанием вольфрама 0,2 *м*% при $h=1$ *м*. Фоновые содержания вольфрама во вмещающих породах 10^{-4}%, чувствительность спектрального анализа на вольфрам 10^{-2}%. Тогда за $c_{\text{ан. min}}$ можно принять 10^{-2}% и не учитывать влияния фоновых содер-

жаний и точности анализа. Как и для олова, здесь возможны два случая: когда простирание жил совпадает с горизонталями рельефа, $k_{\parallel} = 20$ и $Z_{опт} = 0{,}5$ *м*; когда простирание жил совпадает с направлением сноса делювия, $k_{\perp} = 10$ и $Z_{опт} = 1$ *м*. В обоих случаях $x_{вид.\,max} = 5$ *м*. Иногда, в зависимости от местных условий, на глубинность съемки влияет гравитационное обогащение или избирательный вынос отдельных минералов или элементов из ореола. При разубоживании ореола глубинность снизится, при обогащении — повысится. Разубоживание или обогащение отдельных горизонтов делювия, как и всего ореола в целом, зависит от многих факторов: механической прочности и химической устойчивости рудных минералов, минералогического состава руд и коренных пород, характера делювия, климатических и геоморфологических факторов и т. д. Влияние разубоживания или обогащения можно учесть введением в выражение (3) коэффициента пропорциональности q ($qch = \Sigma c_{xz} \Delta x$), который определяется экспериментально по каждому району.

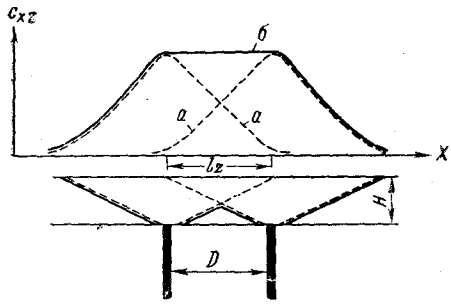


Рис. 2. Ореол рассеяния двух близко расположенных рудных тел жильной формы *а* и суммарный ореол рассеяния *б*

При сближенных рудных телах жильной формы ореолы рассеяния от каждого рудного тела будут наблюдаться, если расстояние между жилами D будет больше kZ (рис. 2). При $D \leqslant kZ$ над сближенными рудными жилами будет суммарный ореол рассеяния. При этом над междужильным пространством концентрация металла будет тем большей, чем ближе рудные тела расположены друг к другу. Исходя из этого, глубинность литохимической съемки, при прочих равных условиях, возрастает с уменьшением расстояния между рудными телами.

Заключение

1. Глубинность литохимической съемки при поисках жильных месторождений олова и вольфрама по элювио-делювиальным ореолам рассеяния зависит от содержания металла в рудном теле, видимой мощности рудного тела, простирания рудного тела относительно направления сноса делювия и чувствительности спектрального анализа литохимических проб.

2. При поисковой литохимической съемке следует вначале установить генетический тип рыхлых отложений, перекрывающих коренные породы, а затем мощность этих отложений. Для таких элементов, как свинец, медь и других, характеризующихся большой концентрацией в рудных телах ($\gg 1$ *м*%) и сравнительно высокой чувствительностью анализа (порядка 0,001%), мощность нормальных элювио-делювиальных отложений особой роли не играет, так как практически при любой реально существующей их мощности (обычно не более 10 *м*) ореолы рассеяния будут зафиксированы достаточно уверенно. При поисках же вольфрама или иных редких элементов, для которых характерны неблагоприятные соотношения чувствительности анализа и их содержаний в рудах, мощность элювио-делювия может иметь решающее значение.

3. Глубинность литохимической съемки при поисках вольфрамовых месторождений можно повысить увеличением чувствительности анализа литохимических проб.

Приведенные в настоящей статье формулы расчета содержаний металла в механическом ореоле рассеяния рудных тел жильной формы отличаются от аналогичных формул А. П. Соловова отсутствием экспоненциальных зависимостей, расчеты по которым связаны со специальными таблицами. Эти формулы мало отличаются друг от друга с точки зрения тех допущений, которые положены в основу их вывода. Полученные по ним данные о малой глубинности литохимической съемки при поисках вольфрамовых месторождений хорошо объясняют низкую эффективность этой съемки в Восточном Забайкалье.

ЛИТЕРАТУРА

Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. ГОНТИ, 1938.

Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. Недра, 1965.

Соловов А. П. Основы теории и практики металлометрических съемок. Изд. АН Каз. ССР, 1959.