Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
1987, т. 112

УДК 553.45

О МОРФОЛОГИИ РУДНЫХ СТОЛБОВ В ЖИЛЬНЫХ ОЛОВОРУДНЫХ ТЕЛАХ

Ю.В.ЛИР, Н.А.ГОЛЬДВИРТ

В жильных рудных телах, в частности оловорудных, распределение промышленно ценных компонентов практически всегда характеризуется высокой степенью неравномерности. На фоне преобладающей массы бедных и рядовых руд выделяются рудные столбы - участки (лишенные, как правило, геологических границ), отличающиеся существенно повышенным, порой уникально высоким содержанием металлов. Занимая в совокупности незначительную часть площади и объема рудного тела (в среднем 10-30 %), рудные столбы заключают в себе 2/3 и более учтенного количества металла [1]. Именно поэтому они неизменно привлекают внимание геологов-практиков и теоретиков, занимающихся общими вопросами рудообразования.

При изучении рудных столбов основные усилия исследователей, начиная с Р.Бека, сосредоточены на раскрытии связи столбов с особенностями внешней среды, которые вызывают интенсивное отложение минерального вещества из циркулирующих растворов [5]. Меньше внимания уделяется эволюции рудогенерирующих гидротермальных систем [4], и совсем в тени остаются особенности формы как отдельных рудных столбов, так и областей их концентрации, которые очерчиваются на продольных проекциях рудных жил. Неизученными остаются характеристики изменчивости оруденения, в частности содержания металла в области концентрации столбов и за ее пределами.

В настоящей работе авторы предполагают рассмотреть особенности размещения рудных столбов в хорошо изученных оловорудных жилах различных регионов СССР и исследовать характер изменчивости содержаний полезного компонента в них. Материалом для анализа послужили продольные вертикальные проекции крутопадающих жил оловорудных месторождений Приморья, Забайкалья, Якутии, Магаданской области, причем среди них имеются весьма слабо эродированные рудные тела, в которых область концентрации рудных столбов находится полностью или почти полностью на глубине (рис.1); и жилы, в значительной мере затронутые эрозией, в них рудные столбы вскрываются непосредственно на поверхности (рис.2).

При рассмотрении рис.1 и 2 обращают на себя внимание черты сходства геометрических фигур областей концентрации рудных столбов - они чаще всего имеют веерообразную или грибовидную форму с центральным или несколько асимметричным расположением «ножки гриба" и сводообразно изогнутой или плоской «шляпкой". По форме они напоминают рудно-магматические пучки (системы) [3],

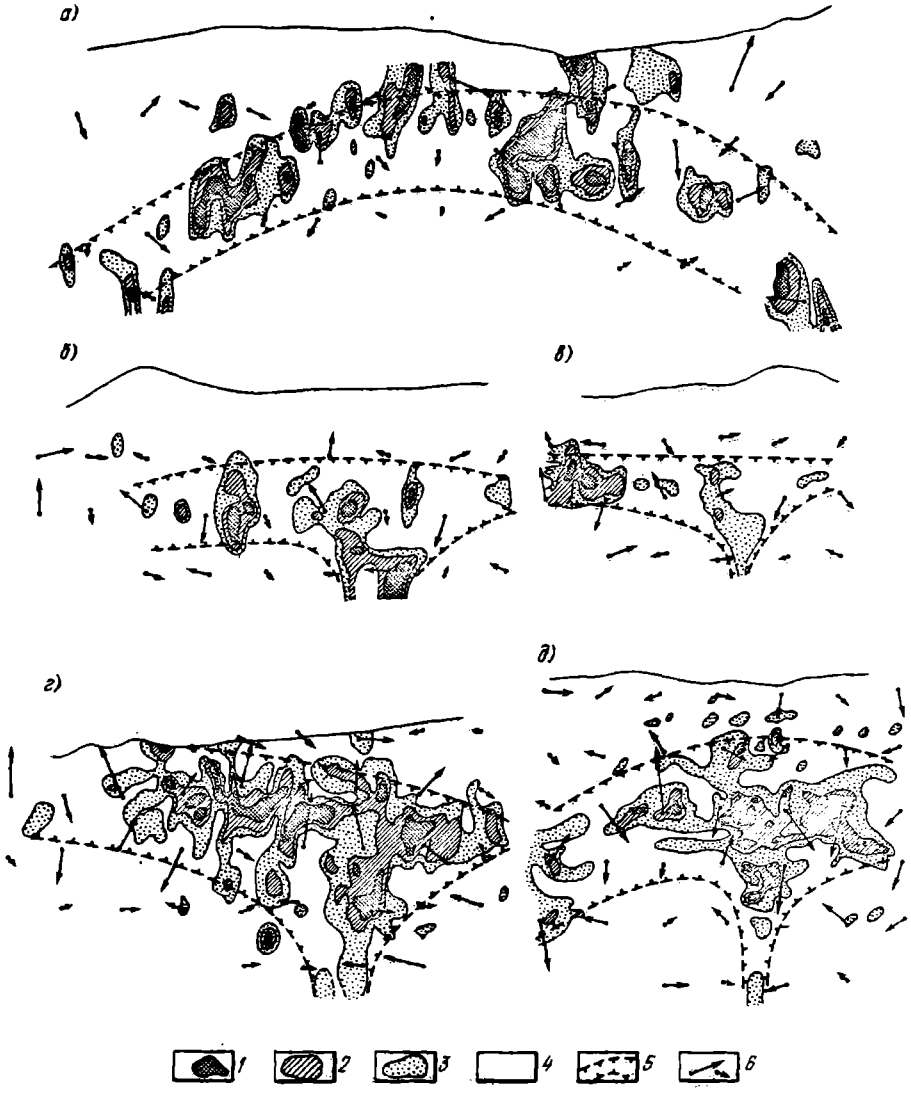


Рис. 1. Рудные столбы и области их концентрации в слабо эродированных оловорудных жилах: а – месторождение Дубровское, жила Оловянная; б – месторождение Хрустальное, жила III ДЦМР; в – месторождение Дальнее, жила Тектоническая апофиза; г – месторождение Хрустальное, жила Главная; д – месторождение Халчеранга, жила Воинова
1–4 – оловянные руды (1 – очень богатые, 2 – умеренно богатые, 3 – среднего качества, 4 – бедные и убогие); 5 – контуры области локализации рудных столбов; 6 – векторы-градиенты изменчивости содержаний полезного компонента, длина векторов пропорциональна их модулям

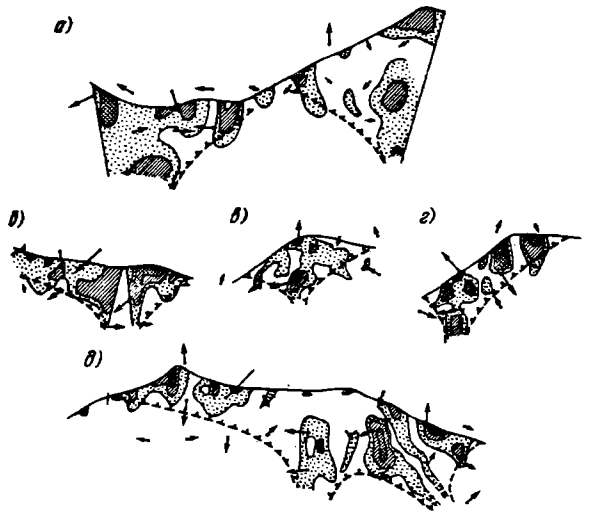


Рис.2. Рудные столбы и области их концентрации в значительно эродированных оловорудных жилах: а – месторождение Депутатское, жила 42-56; б – месторождение „Труд", жила № 1; в – месторождение Охотничье, жила № 2; г – месторождение Дальнетаежное, жила Сильва; д – месторождение Дальнее, жила Главная
Условные обозначения см. рис.1

и, вероятно, их образование также можно объяснить свойством самораспирения газонасыщенных рудоносных растворов. Такое расширение „колонны" глубинной жидкости происходит достаточно резко на определенном критическом уровне, обусловленном внешними факторами геологической среды. Выше плотность газово-жидкого раствора сильно уменьшается, объем значительно возрастает, что и определяет возникновение веерообразных форм областей преимущественной локализации рудных столбов.

По аналогии с рудно-магматическими системами в строении рудных жил могут быть выделены следующие зоны (сверху вниз):

I. Фронтальная (верхнерудная и надрудная) – зона естественного выклинивания рудного тела по восстанию. Эта зона (или ее фрагменты) сохраняется лишь на слабо эродированных жилах, причем на оловорудных месторождениях она нередко имеет свинцово-цинковую или полиметаллическую минерализацию с повышенным количеством карбонатов и в отдельных случаях представляет промышленный интерес. Концентрации олова здесь спорадические, они отличаются слабой интенсивностью и практического значения не имеют.

2. Прифронтальная (среднерудная) – наиболее расширенная по латерали часть области локализации рудных столбов, именно в ней сконцентрированы основные запасы металла данного рудного тела. Рудные столбы здесь имеют значительные размеры и, по существу, сливаются в единую полосу близгоризонтальной ориентировки.

3. Прикорневая (нижнерудная и подрудная) – резко суженная глубинная часть области концентрации рудных столбов, т.е. „ножка гриба". В отдельных случаях намечается распад единой прикорневой зоны на две сближенные ножки, а в жилах Оловянной Дубровского месторождения и 42-56 Депутатского месторождения (рис.I и 2) прикорневые области занимают фланговое положение. Возможно, в этих жилах сливаются две прифронтальные зоны, имеющие самостоятельные корни.

Сходство геометрических фигур областей концентрации рудных столбов позволяет использовать для их характеристики ряд показателей: угол конусо-

ности, коэффициент вертикальной протяженности и наклон продольной оси к горизонту [3]. Угол конусности веерообразной фигуры области концентрации рудных столбов образован линиями, ограничивающими эту область снизу. Очевидно, что значение этого угла уменьшается сверху вниз, но он практически всегда остается тупым, даже на самых глубоких уровнях рудных тел. Коэффициент вертикальной протяженности (КВП) представляет собой отношение длины наиболее протяженного горизонтального сечения области концентрации рудных столбов к ее вертикальной протяженности. Как видно из рис.I и 2, как правило, КВП $>$ 2, т.е. большинство изученных жил могут быть отнесены по этому параметру к среднепротяженным по вертикали, а некоторые жилы (например, жила Воинова Хапчерангинского месторождения), имеющие КВП $<$ 2, - к глубококорневым. По положению продольной оси области концентрации рудных столбов рассмотренные жилы относятся к крутонаклонному типу, лишь жила Оловянная Дубровского месторождения являет пример полого ориентировки продольной оси.

Общая вытянутость в направлении, близком к горизонтальному, характерна не только для области концентрации рудных столбов, но и для оловорудных жил в целом. Согласно модели дизъюнктива, разработанной А.С.Забродиным [2] и убедительно подтвержденной большим фактическим материалом по угольным месторождениям, форма разрывного нарушения околового типа в проекции на продольную плоскость аппроксимируется эллипсом, причем вектор перемещения всегда направлен перпендикулярно длинной оси эллипса, с которой совпадает ось промежуточного главного нормального напряжения σ_2. Основываясь на этой модели, можно сделать вывод, что основную роль в формировании вмещающих оловорудные жилы трещинных зон скалывания играло тектоническое поле напряжений взбросового или сбросового характера, сдвиговая составляющая полного вектора смещения была незначительной.

Для изучения изменчивости содержания полезного компонента в рудных жилах, представленных на рис.I и 2, нами выполнен расчет и графическое построение векторов-градиентов изменчивости содержания полезного компонента. Если на плоскости (x,y) задана функция $U(x,y)$, то

$$grad\,U = \frac{dU}{dx}\,\bar{i} + \frac{dU}{dy}\,\bar{j},$$

где dU/dx и dU/dy - частные производные функции $U(x,y)$; $\bar{i}$ и $\bar{j}$ - единичные векторы соответственно по осям x и y.

Вектор-градиент обладает следующими основными свойствами: I) в направлении этого вектора скорость изменения величины U наибольшая и равна абсолютному значению $|grad\,U|$; 2) проекция градиента на любое выбранное направление определяет скорость изменения U в этом направлении; 3) если функция $U(x,y)$ линейная, т.е. имеет вид $U(x,y) = ax + by + c$, то $grad\,U = a\bar{i} + b\bar{j}$ одинаков для всех точек рассматриваемого участка плоскости (x,y).

Установлено, что зависимость содержания полезного компонента z от координат точек их оценки не является линейной, но в пределах небольших

участков площади рудной жилы можно условно считать содержание z изменяющимся по линейному закону. Исходя из этого, была разработана и реализована на ЭВМ процедура расчета векторов-градиентов содержаний полезного компонента в равновеликих квадратных ячейках, на которые разбивается вся площадь продольной проекции рудного тела. На продольную вертикальную проекцию жилы наносятся все точки замеров z – пункты разведочных пересечений – и квадратная сеть (рис.I и 2). Размеры ячеек сети выбираются в соответствии с требованием вхождения в одну ячейку не менее трех точек замеров, не лежащих на одной прямой. Для каждой ячейки составляется таблица значений x, y (координат точек замеров в условной системе) и содержаний полезного компонента z. Методом наименьших квадратов вычисляются коэффициенты уравнения $z = ax + by + c$, а затем для каждой ячейки рассчитывается вектор-градиент $grad z \quad a\bar{i} + b\bar{j}$ его модуль $|grad z = \sqrt{a^2 + b^2}|$ направление, которое удобно характеризовать углом $\varphi = arctg\ b/a$, образуемым этим вектором и осью ординат в ячейке. Вектор $grad\ z$ относится к центру ячейки, хотя, вообще говоря, за начало вектора может быть принята любая точка внутри ячейки.

Характеристика изменчивости оруденения в оловорудных жилах

Месторождение	Рудная жила	Зона					
		фронтальная		прифронтальная		прикорневая	
		$\sin\varphi$	$grad z$	$\sin\varphi$	$grad z$	$\sin\varphi$	$grad z$
	Слабо эродированные рудные жилы						
Дубровское	Оловянная	0,78	29	0,52	40	0,77	25
Хрустальное	III ДЦМР	0,84	13	0,31	16	0,89	11,5
	Главная	0,93	10,2	0,44	23	0,94	13
Дальнее	Тектоническая апофиза	0,82	9,5	0,42	17,2	0,97	10,9
Халчеранга	Воинова	0,73	18,7	0,43	26,9	0,92	
	Значительно эродированные жилы						
Депутатское	42-56			0,67	30,3	0,98	26,2
Трудненское	1			0,51	18	0,92	10
Охотничье	2			0,33		0,86	13,7
Дальнетаежное	Сильва			0,50	8,4	0,79	10,1
Дальнее	Главная			0,48	15,6	0,72	14,5

В таблице приведены результаты расчета средних синусов углов φ как меры отклонения векторов-градиентов от вертикального (в продольной проекции) направления. Расчеты выполнены раздельно для фронтальной, прифронтальной и прикорневой зон. В этой же таблице указаны расчетные значения

средних модулей векторов-градиентов. Поскольку в жилах, показанных на рис.2, фронтальная зона отсутствует, соответствующие данные приведены лишь для прифронтальной и прикорневой зон.

На основании таблицы, а также приведенных выше рассуждений и рисунков, можно сделать следующие выводы:

I. В пределах прифронтальной зоны установлено преобладание крутой ориентировки векторов-градиентов, что находит отражение в более низких средних значениях синусов угла φ. В то же время во фронтальной и особенно в прикорневой зонах векторы-градиенты приобретают более пологую ориентировку. Отмеченную особенность можно объяснить, если принять гипотезу об относительно слабой изменчивости параметров гидротермального оруденения в направлении потока рудообразующих растворов, вкрест этого направления (поперек "струй") изменчивость существенно возрастает. При таком варианте трактовки правомерно допущение о постепенной смене преимущественно вертикального движения потока растворов в прикорневой зоне на латеральное растекание в прифронтальной зоне и прорыв отдельных близвертикальных "струй" во фронтальную зону.

2. Сопоставление модулей векторов-градиентов в пределах области концентрации рудных столбов и за ее пределами убеждает в более высокой изменчивости содержаний полезного компонента в обогащенных частях рудных жил. Следовательно, вызывает сомнение обоснованность применения при изучении оловорудных жил равномерной разведочной сети, очевидна необходимость ее сгущения в области концентрации рудных столбов.

3. Указанные особенности формы области концентрации рудных столбов, ориентировки и модулей векторов-градиентов могут служить критерием качественной оценки глубины эрозионного среза. О вскрытии эрозионным срезом прикорневой зоны свидетельствует не только малая протяженность по простиранию участка богатого оруденения, но и близгоризонтальная ориентировка векторов-градиентов содержаний полезного компонента. О выходе на поверхность прифронтальной зоны говорит как значительная протяженность области богатых и весьма богатых руд, так и выявляемая статистически субвертикальная и крутонаклонная ориентировка векторов-градиентов при заметном увеличении значений их модулей. Наконец, на расположение горных выработок во фронтальной зоне указывают спорадические "вспышки" оловянного оруденения, существенное возрастание роли сульфидов в составе руд, а также выполаживание векторов-градиентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евангулов Б.Б., Арский Ю.М., Лир Ю.В. Закономерности концентрации промышленных запасов в оловорудных районах, месторождениях и рудных телах. - Зап. ЛГИ, 1967, т. 52, вып. 2, с. 122-128.

2. Забродин А.С. Геометризация сместителей для прогноза протяженности и амплитуды разрывных нарушений. - В кн.: Маркшейдерское дело в социалистических странах. Острава, 1972, т. 5, с. 409-416.

3. Иванкин П.Ф. Морфология глубоковскрытых магматогенных рудных полей. М., Недра, 1970. 288 с.

4. Иванкин П.Ф. Рудные столбы как элементы гидротермального потока. – В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, Наука, 1972, с. 6–12.

5. Шахов Ф.Н. Состояние вопроса и направление развития исследований процесса образования рудных столбов. – В кн.: Проблемы образования рудных столбов. Новосибирск, Наука, 1972, с. 3–6.