ISSN 0135-9500. Зап. Ленингр. горного ин-та. 1990. Том 121.

УДК 553.45:553.27

Ю.В.ЛИР

О СВЯЗИ ИНТЕНСИВНОСТИ ОРУДЕНЕНИЯ С ОСОБЕННОСТЯМИ ФОРМЫ И СТРОЕНИЯ ОЛОВОРУДНЫХ ЖИЛ

На основе изучения строения оловорудных жил предложено понятие „элементарный фрагмент" (ЭФ) жи... Выделено восемь вариантов форм ЭФ, названных морфотипами. На статистическом материале (более 12000 ЭФ несколько десятков крупных жил оловорудных месторождений востока СССР) доказано существование связи между морфотипами ЭФ и содержанием олова. Повышенные концентрации олова характерны для ЭФ жил трех морфотипов: раздувы... на фоне относительно устойчивого азимута простирания, раздувы и перемычки... пористостью жил — особенно субпараллельные жилы и прожилки.

Вопрос о существовании и характере связи между особенностями формы и строения рудных жил и интенсивностью оруденения рассмотрен нами на материале жильных месторождений касситерит-силикатно-сульфидной формации Востока СССР.

В оловорудных полях в меняющейся динамической обстановке зарождаются и растут рудоконтролирующие разрывные нарушения. Параллельно протекает процесс минералообразования в связи с пульсирующим поступлением в область рудоотложения рудогенерирующих растворов различного состава. Несомненно, эти два процесса взаимодействуют между собой. Появление разрывов и трещин резко ускоряет движение глубинных растворов, определяет пути этого движения; распределение областей большего и меньшего сжатия контролирует протекание минералообразования и т.д. С другой стороны, растворы и газы, реагируя с горными породами, существенно изменяют их пористость и проницаемость, механические и другие свойства, что предопределяет их поведение в последующих актах деформации.

С практической точки зрения весьма важно не только надежно зафиксировать существование связи между результатами взаимодействующих геологических процессов, но и раскрыть характер и структуру этой связи, оценить роль различных факторов, определяющих преимущественное тяготение оловоносных минеральных комплексов к участкам рудных жил определенной формы и строения.

Успешное решение этой проблемы возможно лишь на основе статистического анализа представительного и определенным образом подготовленного фактического материала. Подготовка должна заключаться в представлении данных геологических наблюдений в компактной форме, допускающей включение их в процедуру статистической обработки. В качестве меры интенсивности рудообразующего процесса может быть принято содержание полезного компонента (олова) в пунктах опробования жильного рудного тела. Значительно труднее

решается вопрос о выборе меры сложности формы и строения жилы.

Примем в качестве простейшей геометрической модели жилы тонкую пластину, толщина (мощность) которой на 2–4 порядка меньше длины и ширины, т.е. протяженности по простиранию и падению. Подобная идеальная форма в природе встречается редко, правилом являются различные осложнения этой модели. При описании форм рудных жил, наблюдаемых в непрерывно прослеживающих их горных выработках, в качестве осложняющих черт простейшей модели могут быть отмечены: 1) изменения азимута простирания или угла падения (волнистость по простиранию и по падению); 2) изменение мощности, появление раздувов и пережимов; 3) наличие оперяющих жил и прожилков; 4) включения блоков („пластин", „прокладок", „пакетов" и т.п.) вмещающих пород в жильной массе; 5) распад единого жильного тела на отдельные, обычно кулисообразно расположенные фрагменты; 6) пересечения жил разрывными нарушениями, как правило, со смещением вдоль них [2].

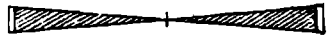
Непрерывное прослеживание оловорудных жил в траншеях на поверхности и в подземных горных выработках, а также анализ материалов разведочной и рудничной документации выявляют совершенно хаотичное и незакономерное, на первый взгляд, распределение в рудных телах различных вариантов осложнения их формы. Попытки разработать количественные показатели, каждый из которых представлял бы собой меру сложности контуров рудных жил для приведенных выше шести вариантов осложнения, к успеху не привели. Тупиковыми оказались пути разделения горизонтального сечения жилы на относительно прямолинейные отрезки с определением меры их отклонения от средней линии простирания; оценки безрудных „окон" и разветвлений подсчетом числа точек пересечения рудных контуров линиями разрезов вкрест простирания жилы в пунктах отбора проб и т.д.

Длительный поиск привел к идее сопоставления форм не жил в целом и даже не их протяженных интервалов, выделяемых после построения вариационных кривых и их последующего сглаживания, а коротких отрезков горизонтального сечения жил, названных нами элементарными фрагментами (ЭФ). За длину элементарного фрагмента принята горизонтальная протяженность зоны влияния пробы (разведочного сечения), т.е. расстояние между центрами смежных интервалов опробования, которое при прослеживании жил стремятся выдерживать постоянным. На это расстояние распространяются данные опробования, т.е. мощность жилы в метрах и содержание металла в процентах, полученные в данном разведочном сечении, а также значение локального (местного) азимута простирания.

Вначале был составлен обширный перечень всех теоретически возможных простых и комбинированных вариантов строения ЭФ на основе перечисленных выше отклонений от идеальной модели. При рассмотрении этого перечня многие варианты слились в один из-за невозможности их надежного распознавания на природных объектах, другие были отсеяны после безуспешного поиска их природных аналогов. В результате остались восемь вариантов форм ЭФ, названных морфотипами (табл.I). При рассмотрении табл.I нетрудно подметить важную особенность последовательности морфотипов – сложность строения ЭФ от I к VIII морфотипу в целом возрастает: увеличивается число членов

Таблица 1

Характеристика морфотипов элементарных фрагментов оловорудных жильных тел

Номер морфотипа	Графическое изображение морфотипа	Морфометрические характеристики морфотипа				
		α	m	N	n	γ
I		const	const	1		
		var	const			
		const	var	1		
IУ		var	var	1		
У		var const	var const	1	$\geqslant 1$	$\gg 0$
УI		var const	var const	$\geqslant 1$	$\geqslant 1$	$=0$
УII		var const	var const	$\geqslant 1$	$\geqslant 1$	>0
УIII		var const	var const	$\geqslant 2$	$\geqslant 1$	>0

Примечания: 1. α – азимут простирания ЭФ; m – мощность ЭФ жилы; N – число главных (прожилков); n – число оперяющих или сопутствующих параллельных жил (прожилков); γ – угол между главной и сопутствующей жилами.

2. const – морфометрический показатель сохраняет в пределах ЭФ относительное постоянство; var – морфометрический показатель заметно варьирует.

парагенезиса рудолокализующих разрывов и трещин, усложняются их очертания, разнообразнее делаются сочетания друг с другом. Следовательно, оправданным становится отнесение ЭФ к более сложному морфотипу, даже если в нем присутствуют черты более простых морфотипов. С принятием этого условия выделенные восемь морфотипов охватывают все разнообразие форм элементарных фрагментов жил.

Необходимо убедиться в том, что гипотеза о существовании связи между морфотипами элементарных фрагментов оловорудных жил и содержанием металла не опровергается фактическим материалом. Имеющиеся в нашем распоряжении данные (более 12000 элементарных фрагментов 23 детально разведанных крупных жил оловорудных месторождений Востока СССР) позволяют использовать для проверки указанной гипотезы мощный статистический критерий Пирсона χ^2. Как известно, в основе анализа Пирсона лежит сравнение эмпирических, характеризуемых величиной $\chi^2_{выч}$, и теоретических $\chi^2_{табл}$ распределений величин, в нашем случае – содержаний металла и морфотипов ЭФ. Как видно

Таблица 2

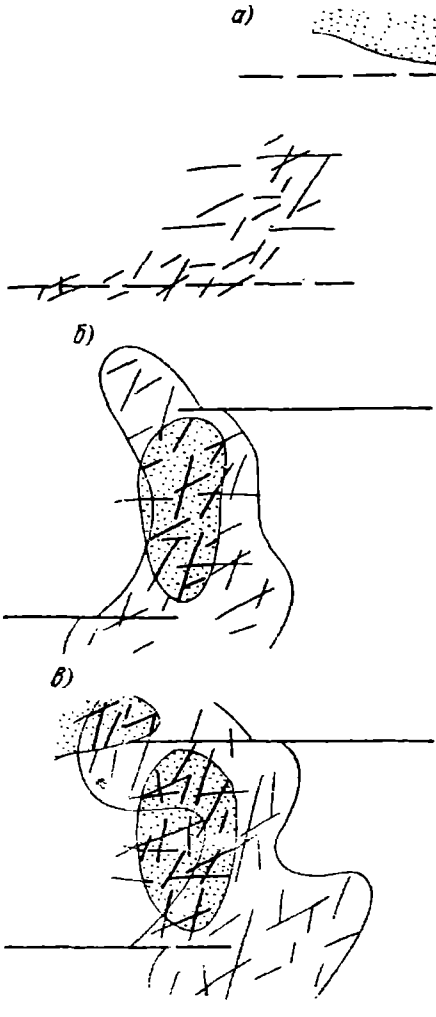
Проверка допустимости гипотезы о наличии связи между морфотипами элементарных фрагментов оловорудных жил и содержаниями олова

Месторождение	Рудная жила	$\chi^2_{выч}$	Вывод
Аныс-Хая	Маккас	44,01	
Бургочан	Пологая (№	42,53	+
Депутатское	№ 34	52,54	
	81	44,15	
Дубровское	Апофиза № 2	58,63	
	Волочаевская	56,21	
	Молотовская	49,58	
	Узловая-Фланговая	44,05	
	Параллельная	61,13	
	Главная	70,74	
	Водоносная	46,52	
питас	Весна	38,38	
Лиственное	№ 7	47,77	
Охотничье	№ 2	65,15	
Смирновское	Главная	55,42	
Тернистое	Первенец-Малахитовая	42,73	
	Июньская	35,52	
Груд	№ 1	42,15	
Хапчеранга	Вонзова	58,84	
	Террасовая	57,66	
Хрустальное	Волковская	65,72	
Эге-Хая	Восточная рудная зона	49,60	
	Главная рудная зона	44,22	

Примечания: 1. Число степеней свободы $k = 28$.
2. Табличное значение $\chi^2 = 41.30$ при вероятности ошибки 0,05.
3. Обозначения в выводе: „+" - гипотеза не опровергается; „-" - гипотеза опровергается.

из табл.2, гипотеза о существовании связи между этими величинами не противоречит фактическим данным для подавляющего большинства рудных тел. Исключением являются жилы Весна и Июньская, но и в этих случаях значения $\chi^2_{выч}$ и $\chi^2_{табл}$ очень близки.

Составление таблицы сопряженных признаков, являющейся элементом анализа Пирсона [1], позволило установить, что для III и IУ морфотипов наибольшее превышение $\chi^2_{выч}$ над $\chi^2_{табл}$ имеет место в классе повышенных содержаний олова (1,01-3,00 усл.ед.), а для УI морфотипа также в классе максимальных значений содержаний (более 3,00 усл.ед.). С другой стороны, для У морфотипа установлено наибольшее превышение $\chi^2_{выч}$ над $\chi^2_{табл}$ в классах низких содержаний (0,21-0,50 и менее 0,20 усл.ед.). Иначе говоря, металлом



параген...сов вторичных ...ов, ...ких в произволь... се... деформируемого ...ссива при „про...лении" через него краевых (а), про...точных (б) и центральных (в) зон ...лисообразно располож... их разрывов
Тонкие линии - ожидаемые вторичсколы в контуре τ_{max}, но вне области повышенных значений σ_1 (точки); жирные линии - те же сколы и их участки в области повышенных значений σ_1

наиболее обогащены ЭФ III, IУ и особенно УI морфотипов, тогда как в ЭФ У морфотипа накапливается преимущественно бедное оруденение.

Ранее [3] на основе выполненного нами математического моделирования локальных полей напряжений и деформаций на участке взаимного перекрытия кулисообразно расположенных разрывов сколового типа было показано, что эти разрывы растут в относительном соответствии с ориентировкой касательных напряжений τ_{max}. При этом через любое произвольное (например, горизонтальное) сечение деформируемого массива в окрестностях этих разрывов последовательно „проходят" их внешние (краевые), затем промежуточные и, наконец, центральные зоны. Каждая из этих зон создает свой рисунок вторичных сколов, обеспечивающих „сращивание" трещин-кулис I порядка, т.е. формирование крупного магистрального разрыва (см. рисунок). При наложении более молодого поля напряжений, свойственного достигающей данное сечение зоне, на уже сформированные вторичные сколы либо происходит их приспособление к новой динамической обстановке (в частности, разворот), либо возникают новые вторичные трещины.

Учитывая полученные при математическом моделировании данные о распределении алгебраически максимальных нормальных напряжениях σ_1, можно показать, что в условиях активизации кулисообразно расположенных трещин I порядка и появления вторичных сколов наиболее богатое оруденение будет концентрироваться на тех участках, где на возникающие трещины накладываются области относительного растяжения, т.е. повышенного значения σ_1.

В к р а е в о й з о н е, касающейся растущих трещин-кулис I порядка (рисунок, а) в обстановке ослабления сжимающих напряжений оказываются лишь две системы коротких сколов, расположенных на локальном участ-

ке вблизи центра будущих кулис. Мелкие кулисообразно расположенные прожилки, приуроченные к этим сколам, отмечаются при геологической документации (жила Главная Смирновского месторождения в Приморье, жилы Террасовая и Воинова месторождения Хапчеранга в Забайкалье и др.), однако для них характерны низкие содержания металла. Другие образующиеся в этой зоне сколы находятся за пределами области повышенных значений σ_1 и поэтому остаются неминерализованными.

В промежуточной зоне (рисунок, б) в обстановке относительного растяжения на участке перекрытия кулис оказываются ранее созданные сколы, а также трещины новой генерации. Некоторые из них в той или иной мере приспосабливаются к древним нарушениям, наследуя их направления. Преобладающими морфотипами ЭФ в контуре повышенных значений σ_1 являются III, IУ и УI, в меньшей степени УII и УIII. Оформляющиеся в промежуточной зоне трещины-кулисы I порядка состояли первоначально из коротких зародышевых трещин также эшелонированного расположения. Их быстрое из-за близости друг к другу слияние обеспечивает и здесь появление ЭФ III и IУ морфотипов, которые, однако, находясь в обстановке сжатия, остаются относительно слабо минерализованными. За пределами области повышенных значений σ_1 находятся также ЭФ У морфотипа.

Для центральной зоны (рисунок, в) характерны те же морфотипы ЭФ, т.е. III, IУ, УI, а также УII и УIII. В этой зоне косоориентированные вторичные сколы вместе с вновь образующимися поперечными разрывами находятся в обстановке относительного растяжения как на участке перекрытия трещин-кулис I порядка, так и на их окончаниях в секторах растяжения. Они несут в основном позднюю сульфидную и сульфидно-карбонатную минерализацию.

Сопоставляя эти данные с распределением богатых проб по элементарным фрагментам, можно сделать вывод о том, что оловянное оруденение достигает максимальной интенсивности в период формирования вторичных сколов промежуточной зоны. Особенно отчетливо это видно на примере широко развитых на участке перекрытия кулис ЭФ УI морфотипа. Образующиеся здесь же ЭФ IУ и III морфотипов также несут богатое оруденение, но эти же ЭФ в центральных частях кулис существенно обеднены. Элементарные фрагменты У морфотипа в промежуточной зоне находятся в области сжатия, что объясняет приуроченность к ним бедного оруденения. В центральной зоне на них так же, как на активно образующиеся ЭФ УII морфотипа, распространяется растяжение, однако отсутствие в этих ЭФ богатого оруденения объясняется, вероятно, изменившимся к этому моменту составом гидротермальных растворов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Константинов Р.М. [illegible]атические методы количественного прогноза рудоносности. Недра, 1979. 127 с.

2. Лир Ю.В. [illegible]гическая классификация жильных рудных тел (на материале оловорудных жил касситерит-силикатно-сульфидной формации) Ленингр. горный ин-т. М., 1987. 29 с. Деп. в ВИЭМС 16.12.87, 514-мг.

Лир Ю.В., [illegible] С.С. [illegible]мо[illegible]лирование напряжений на участке кули[illegible]. разведка. 1988. [illegible]. С. 33-37.