ISSN 0135-3500. Зап. Санкт-Петербургского горного ин-та. 1993. Том 137

УДК 553.26:553.45

Ю.В.ЛИР

ВЕРТИКАЛЬНАЯ СТРУКТУРНО-МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ ОЛОВОРУДНЫХ ЖИЛ

Предложена теоретическая модель вертикальной структурно-морфологической зональности, учитывающая особенности ее проявления для каждого из трех выделенных морфологических классов жил. Выявлено существование закономерной связи между морфометрическими показателями жил на различных уровнях глубинности и их рудоносностью на этих уровнях.

Проявление вертикальной зональности в строении трещинных зон впервые было отмечено В.М.Крейтером [4,5]. По его данным, близповерхностные разрывы (на глубине не более I км) содержат тектонические брекчии с максимальным количеством пустот. На глубине 2-3 км брекчии отсутствуют и трещины выполнены тектонической глинкой. На еще большей глубине она исчезает и трещины сменяются зонами кливажа. Эти изменения связывают с возрастанием пластичности пород на глубине.

Тенденцию уменьшения с глубиной роли хрупкой деформации за счет возрастания деформации пластической отмечают многие исследователи, увязывая ее с увеличением сверху вниз температуры и давления. Приводится, в частности, следующая схема строения по вертикали сверху вниз крутопадающего разрывного нарушения сколового типа: тектонические брекчии, зоны мелкой трещиноватости - зоны дробления - разрывы с оторочкой милонитов и тектонической глинкой - зоны смятия и рассланцевания - зоны бластомилонитов и бластокатаклазитов [I5].

По изменению с глубиной формы и строения рудных тел в литературе приводятся, как правило, лишь частные наблюдения. Отмечается исчезновение с глубиной оперяющих трещин отрыва, а затем и скола [I5]; большая сближенность и выдержанность рудовмещающих трещин в прикорневой (более глубинной) зоне по сравнению с прифронтальной, а также сокращение мощности жил и распад их на быстро выклинивающиеся прожилки [I]; уменьшение с глубиной волнистости (увеличение длин изгибов) и постепенное слияние трещин-кулис, характерных для верхних уровней, в мощные и выдержанные по простиранию "стволовые" жилы [I7]; расщепление сосредоточенного рудоносного разрыва по восстанию и по падению в верхний и нижний пучки сколовых трещин, при этом верхний пучок развивается в висячем, а нижний - в лежачем боку главного рудоносного разрыва [I0], нарастание средней мощности жилы до максимума, а затем ее постепенное снижение [8].

Эти замечания носят достаточно общий, описательный характер и, по-видимому, не учитывают многих факторов, определяющих строение рудоносных разрывов. Дальнейший прогресс в изучении структурно-морфологической зональности жильных систем невозможен без включения в анализ "меры и числа" - необходимых компонентов современного научного исследования, повышающих доказательную силу выводов. В настоящей статье на материале крупных и хорошо вскрытых на глубину оловорудных жил касситерит-силикатно-сульфидной формации рассмотрены следующие вопросы: I) морфометрическая оценка жильных тел; 2) проверка статистической гипотезы о существовании связи между морфологическими характеристиками рудных тел и интенсивностью оруденения; 3) проверка статистической гипотезы о наличии связи между морфометрическими характеристиками жил на различных горизонтах их вскрытия и прослеживания и уровнями глубинности этих горизонтов; 4) анализ факторов, определяющих проявление структурно-морфологической зональности жил, и разработка теоретической модели этого явления.

Результаты исследований, позволивших выявить и обосновать морфометрические показатели оловорудных жил, опубликованы нами ранее [6-9], поэтому здесь они приводятся в сжатом виде.

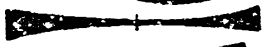
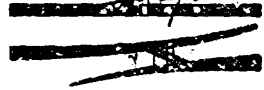
Простейшей геометрической моделью жилы является плоская тонкая пластина, толщина (мощность) которой на 2-4 порядка меньше длины и ширины, т.е. протяженности по простиранию и падению. Подобная идеальная форма в природе встречается редко, правилом же являются различные варианты ее осложнений: I) изменение азимута или угла падения (волнистость по простиранию и падению); 2) изменение мощности, появление раздувов и перемычек; 3) наличие оперяющих жил и прожилков; 4) включение блоков боковых пород в жильную массу; 5) распад единого жильного тела на отдельные, обычно кулисообразно расположенные фрагменты; 6) пересечения жил разрывными нарушениями как правило, со смещением.

Непрерывное прослеживание оловорудных жил в горных выработках выявляет совершенно хаотичное и незакономерное, на первый взгляд, распределение различных осложнений их формы. Однако длительный поиск привел к идее сравнения коротких отрезков горизонтальных сечений жил, названных нами элементарными фрагментами (ЭФ). За длину ЭФ принята горизонтальная протяженность зоны влияния разведочного сечения, т.е. расстояния между центрами смежных интервалов опробования. На это расстояние распространяются данные опробования - мощность жилы в метрах и содержание металла в процентах, определенные в данном разведочном сечении, а также значение локального (местного) азимута простирания.

Полевые наблюдения и изучение планов опробования 24 оловорудных жил 13 месторождений (всего более I2,5 тыс.ЭФ) позволили выделить восемь вариантов форм ЭФ (морфотипов), охватывающих все разнообразие строения элементарных жильных фрагментов (см. таблицу).

Относительная распространенность в оловорудных жилах ЭФ различных морфотипов была использована в качестве одного из базовых признаков при раз

Характеристика морфотипов элементарных фрагментов оловорудных жильных тел

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

Примечание: α – азимут простирания ЭФ; m – мощность ЭФ жилы; N – число главных жил (прожилков); n – число опережающих или сопутствующих параллельных жил (прожилков); γ – угол между главной и сопутствующей жилами (прожилками); const – морфометрический показатель сохраняет в пределах ЭФ относительное постоянство; var – морфометрический показатель заметно варьирует.

ботке морфологической классификации жил. Использование процедуры кластерного анализа позволило выделить три класса жил, существенно различающихся, прежде всего, по позиции в складчатой структуре рудного поля: класс А – жилы, близпараллельные осям локальных складок, класс Б – жилы, ориентированные вкрест простирания складчатых структур, класс В – жилы, расположенные диагонально относительно осей складок [7].

Выявление совокупности морфотипов ЭФ оловорудных жил послужило основой для раскрытия характера связи между особенностями формы жил и их рудоносностью. Изучение кинематических особенностей рудовмещающих разрывов с учетом результатов тектонофизического моделирования позволило установить, что жилы класса А, для которых наиболее характерны ЭФ III и УI морфотипов, формируются в разрывных нарушениях скалового типа, возникающих во взбросовых полях напряжений. В жилах класса Б, которые приурочены к раздвигам, перерастающим при последующей активизации в сдвиги, преобладают ЭФ IУ и У морфотипов. Наконец, разрывы, вмещающие жилы класса В, развивались в предрудный этап как взбросо- и сбрососдвиги, в них не обнаружено преобладание ЭФ каких-либо определенных морфотипов. Установлено, что 87–99 % запасов металла сосредоточено в наиболее широко распространенных ЭФ III, IУ, У и УI морфотипов.

Необходимо убедиться в том, что гипотеза о существовании связи между морфотипами ЭФ и интенсивностью оруденения (содержанием металла) не проти-

воречит фактическим данным. Имеющийся материал позволяет использовать для проверки этой гипотезы статистический критерий Пирсона χ^2. Не вдаваясь в детали расчета этого критерия, отметим, что для определенного числа степеней свободы K в статистических таблицах выбирают значение $\chi^2_{табл}$, которое является максимальным для случая, когда связь между сопоставляемыми признаками отсутствует при заданном уровне значимости. Расчеты показали, что в нашем случае значение $\chi^2_{выч}$ практически для всех жил превышает $\chi^2_{табл}$ следовательно, гипотеза о наличии связи между морфотипами ЭФ и содержанием металла не противоречит имеющемуся фактическому материалу и может быть принята на данной стадии исследования.

Задача выявления вертикальной структурно-морфологической зональности в терминах математической статистики формулировалась как проверка гипотезы о существовании связи между уровнями глубинности жил (горизонтами их вскрытия и прослеживания) и распределением на этих уровнях ЭФ различных морфотипов. Расчеты подтвердили, что гипотеза не опровергается фактическими данными для большинства рудных тел класса А, менее надежные результаты получены для жил класса Б и, наконец, для большинства жил класса В гипотеза не находит подтверждения.

Такие итоги статистического исследования заставляют предполагать существование иных, кроме возрастания с глубиной пластичности геологической среды, факторов, определяющих отнюдь не монотонный характер изменения морфологических показателей рудных тел.

По-видимому, к таким факторам следует отнести форму рудовмещающих разрывов в продольной проекции, пространственное искривление их поверхности и связанный с этим искривлением сложный и изменчивый характер предрудных смещений.

Установить ф о р м у р у д о в м е щ а ю щ е г о р а з р ы в а в его продольной проекции, т.е. определить форму фигуры, оконтуренной линией, проходящей через точки выклинивания разрыва, прямыми наблюдениями вряд ли возможно. Дело в том, что при разведке рудных жил проходку выработок, прослеживающих их по простиранию, никогда не доводят до точки выклинивания рудовмещающего разрыва, а останавливают, когда основные геолого-промышленные параметры жилы устойчиво принимают значения ниже кондиционных. В то же время при изучении угольных (и вообще, пластовых) месторождений разрывы, смещающие продуктивные пласты, поддаются детальной геометризации, поскольку горные выработки прослеживают их до точек полного выклинивания.

Обобщение данных по разрывам на угольных месторождениях позволило И.С.Гарберу с соавторами [12] сделать вывод о возможности аппроксимации поверхности смесителя в пределах контура нулевой амплитуды смещения эллипсом, длинная ось которого совпадает с осью промежуточного главного нормального напряжения σ_2. Длинные оси эллипсов сколовых разрывов, возникающих во взбросовом и сбросовом полях напряжений, занимают горизонтальное положение, в сдвиговом поле они ориентированы вертикально. При формировании разрывов в комбинированных полях напряжений длинные оси эллипсов разрывов расположены наклонно.

Косвенные данные, позволяющие допустить правомерность этого вывода для жиловмещающих разрывов, были получены нами при документации серии очистных забоев в эксплуатационных блоках при отработке жил Охотничьего месторождения (Магаданская область). При этом удалось оконтурить ряд рудных кулис, имеющих в продольной вертикальной проекции форму эллипса с длинными осями протяженностью несколько десятков метров и пологими ($10-30^0$) углами склонения. Можно полагать, что эта форма разрыва воспроизводится и наиболее низком иерархическом уровне, т.е. в масштабе жил, что подтверждается рассмотрением форм так называемых "областей концентрации рудных столбов" [6].

Пространственное искривление поверхности тектонических разрывов скалывания является их неотъемлемой чертой, оно закладывается уже при их зарождении. Сложные изгибы таких поверхностей характерны как для отдельных кулиссообразно расположенных звеньев, так и для состоящих из них магистральных разрывов.

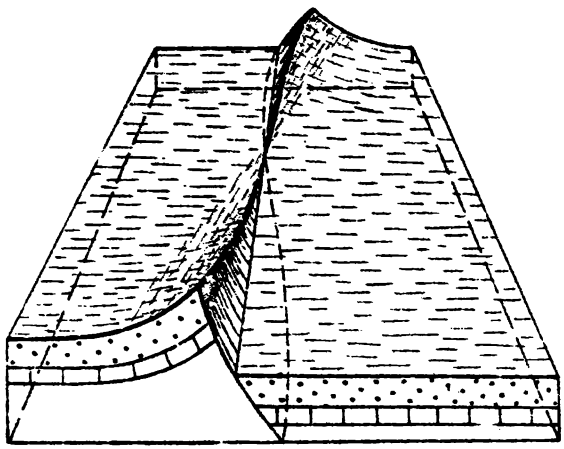


Рис.1. Блок-диаграмма, иллюстрирующая шарнирное перемещение крыльев вдоль пространственно искривленного разрыва (по Е.Хиллс)

Внимание многих исследователей привлекают так называемые "пропеллерсообразные" искривления поверхности разрывов (рис.1), когда при прослеживании сместителя по простиранию фиксируется плавное и закономерное увеличение или уменьшение угла падения [2,3,II,I6,I8 и др.]. Основываясь на представлениях А.Н.Казакова [3] и Л.М.Расцветаева [I3,I4], мы предположили [8], что разрывы, использованные оловорудными жилами, представляют собой результат реализации предельных касательных напряжений по поверхности кругового или эллиптического конуса, оси которых совпадают с направлением действия максимального сжимающего напряжения σ_3. Прослеживая изменения углов падения вдоль любой горизонтальной линии на поверхности конуса разрыва, мы заметим их плавное и постепенное увеличение, что и создает впечатление пропеллерообразного изгиба. Поскольку оси конусов разрушения занимают в общем случае наклонное положение, то это означает, что следы горизонтальных сечений конических поверхностей, наблюдаемые на планах горизонтов, будут иметь, как правило, дуговидную форму и лишь при совпадении сечения с образующими конуса окажутся прямолинейными. Появление S-образных и гирляндовидных форм жил в горизонтальных сечениях следует связывать с использованием жилой поверхностей смежных конусов скалывания.

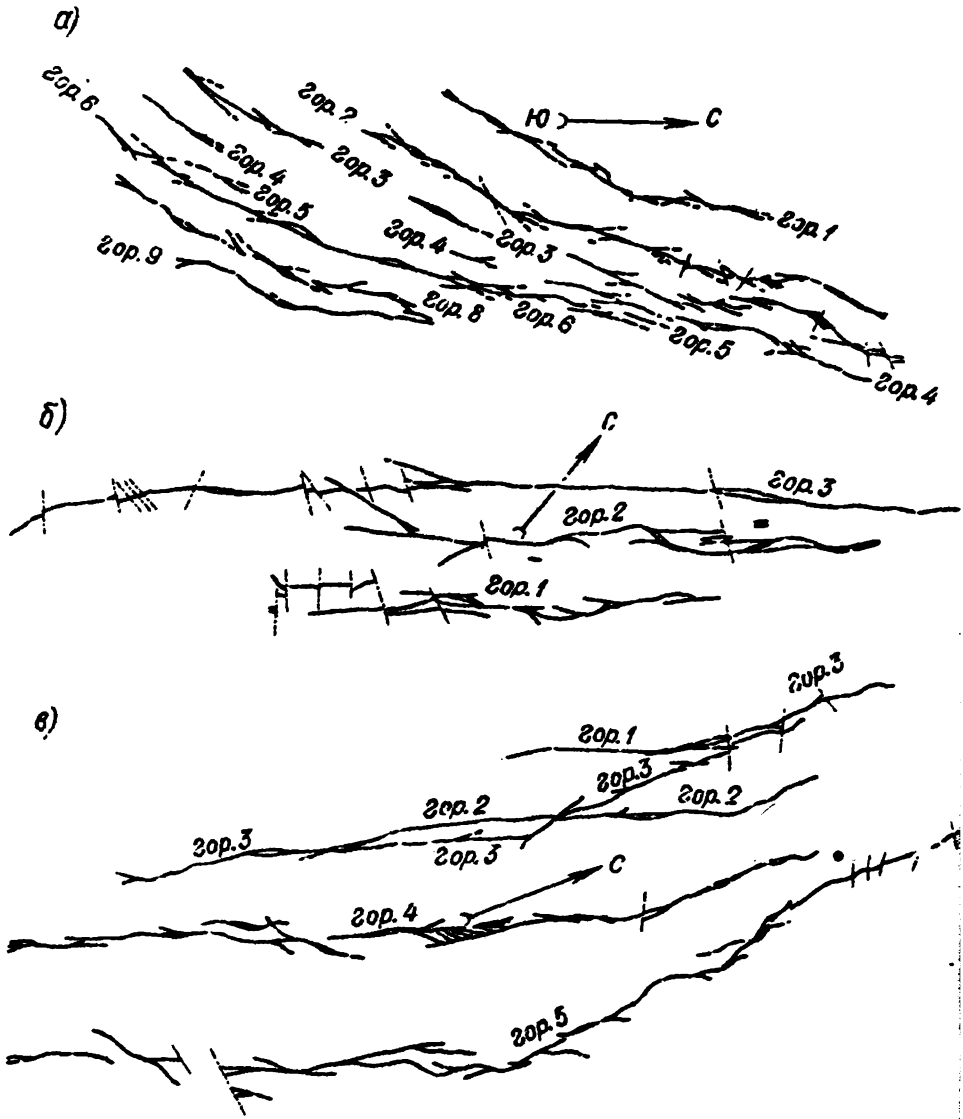


Рис.2. Морфология жил на совмещенных планах горизонтов: а – жила Параллельная, Дубровское месторождение; б – жила Маккас, Алыс-Хайское месторождение; в – жила Весна, Илинтасское месторождение

Среди оловорудных жил наибольшей сложностью формы поверхности отличаются жилы класса В. Так, для жилы Весна Илинтасского месторождения (Якутия) характерны резкие колебания угла падения на различных горизонтах (особенно между горизонтами I и 2), сочетания дуговидных, S-образных, прямолинейных, гирляндовидных форм отдельных звеньев (рис.2,в). Крутое, вплоть до

обратного, падение жилы на верхних горизонтах сменяется устойчивым и все более пологим падением на восток между горизонтами 3 и 5. Средний азимут простирания на горизонтах 1, 2, 4 и 5 колеблется незначительно (14-16°) и лишь на горизонте 3 он падает до 9°.

Жилы морфологического класса А также демонстрируют дуговидные формы отдельных звеньев и их гирляндовидные сочетания (жилы № 2 Охотничьего месторождения, Параллельная и Словячная Дубровского месторождения, № 81 Депутатского месторождения и др.). Некоторым жилам свойствен дугообразный изгиб рудного тела в целом, повторяющийся на всех горизонтах (рис.2,а). Для жил этого класса характерна слабая изменчивость азимута простирания при переходе от горизонта к горизонту. В то же время на наиболее глубоко вскрытых жилах видно, что постоянство азимута простирания сохраняется обычно для группы смежных горизонтов (жила Параллельная - горизонты 2-8, жила Молоковская - штокверк того же Дубровского месторождения - горизонты 3-6 и т.д.). Выше и ниже азимут простирания довольно резко меняется, причем, как правило, в разные стороны.

Жилам морфологического класса Б свойственна слабая дуговидность на некоторых горизонтах, но в них гораздо чаще, чем в жилах других классов, наблюдаются протяженные относительно прямолинейные участки. Примером может служить горизонт 3 жилы Маккас месторождения Алис-Хая (Якутия), показанный на рис.2,б, а также горизонт 2 жилы Полюгой месторождения Бургочан (Якутия), горизонт 3 жилы № 34 Депутатского месторождения и др. Жилы этого класса отличает резкая изменчивость с глубиной азимута простирания, размах колебаний которого для смежных горизонтов обычно превышает 10°, а в жиле Июньская Тернистого месторождения (Приморье) он изменяется от 352° на поверхности до 330° на горизонте 2, что говорит о постоянном левостороннем "скручивании" жилы. Остальные рудные тела этого класса с глубиной изменяют направление скручивания иногда неоднократно (жила Воинова месторождения Хапчеранга в Забайкалье). Такие явления находят удовлетворительное объяснение в рамках гипотезы о конической форме поверхностей скалывания.

Переходя к рассмотрению характера предрудных смещений вдоль поверхностей скалывания, заметим, что в сознании многих геологов укоренилось представление о том, что относительное смещение блоков, разделенных разрывным нарушением, имеет только трансляционный характер, т.е. осуществляется вдоль прямой линии, лежащей в плоскости смесителя. Наряду с этим нередко постулируется постоянство амплитуды подвижек вдоль линии скольжения. Подобная упрощенная трактовка кинематики разрывных нарушений должна быть пересмотрена, поскольку даже при неизменном направлении внешнего по отношению к деформируемому массиву усилия имеет место сложное перераспределение предельных напряжений внутри развивающейся зоны скалывания, что определяет разнообразие сочетаний кинематических типов смещений в пределах этой зоны.

Изменчивость пространственной ориентировки вектора скольжения крыльев рудовмещающих разрывов подтверждается геометрическим анализом смещений вдоль жил № 2 Охотничьего и № 34 Депутатского месторождений, наличием одно-

возрастных оперяющих проколов, различно расположенных по отношению к главным швам, изменением ориентировки штрихов и борозд на зеркалах скольжения и другими наблюдениями. Это вполне согласуется с выявленными С.И.Шерманом и соавторами [18] изменениями кинематических типов разрывов, образующих зону сдвигания: вблизи оси зоны они представляют собой сдвиги, а в дистальных частях – взбросо/сбросо/сдвиги.

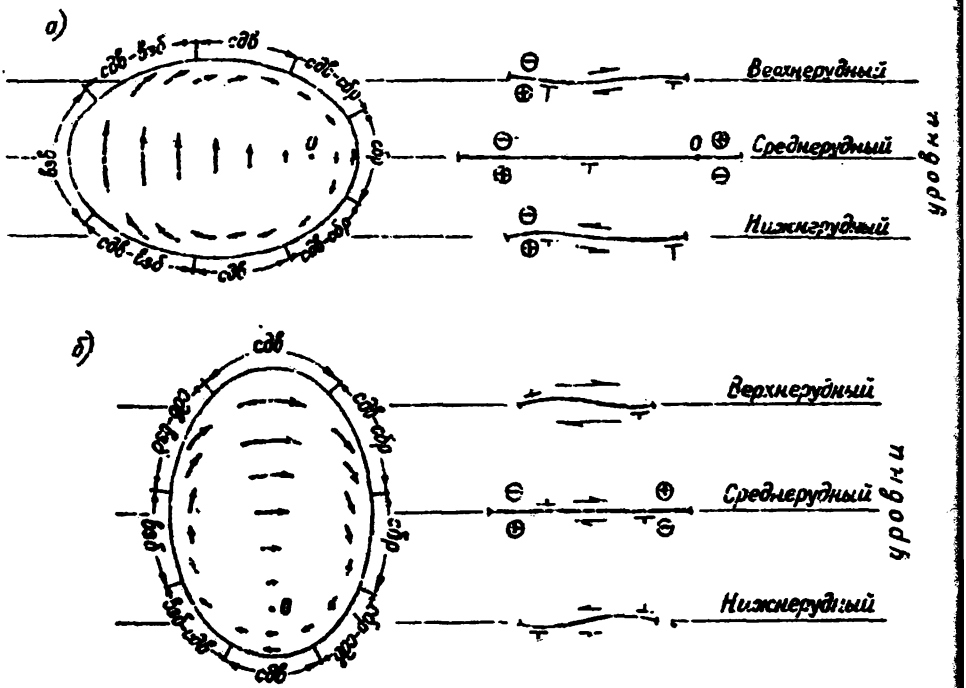


Рис.3. Изменение пространственной ориентировки векторов смещения в пределах эллипса разрыва взбросового (а) и сдвигового (б) кинематических типов
Знаки в кружках: плюс – поднятое крыло, минус – опущенное крыло. Поперечный штрих на значках, указывающих направление падения, увеличивается с уменьшением угла падения. Взб – взбросы; сбр – сбросы; сдв – сдвиги

В левой части эллипса разрыва сместитель (рис.3) имеет на верхних уровнях относительно пологий угол падения, с глубиной он возрастает. В правой части эллипса угол падения, наоборот, сверху вниз уменьшается. В этом проявляется рассмотренное выше "пропеллерообразное" искривление поверхности сместителя. В разных частях эллипса разрыва генеральное взбросовое поле напряжений, локально трансформируясь, вызывает смещение не показанного на рисунке висячего крыла, которое изменяется как по направлению, так и по амплитуде. На рис.3,а это выражено направлением и длиной стрелок. В правой части эллипса разрыва вследствие возрастания угла падения сместителя снизу вверх висячий блок в своем перемещении вверх будет испытывать все возрастающее слева направо сопротивление и в некоторой точке, например в точке О, амплитуда его перемещения станет равной нулю. Левая часть висячего

блока, напротив, будет свободно перемещаться вверх в связи с уменьшением угла падения в этом направлении. Для компенсации этого взбросового смещения крайняя правая часть (правее точки О) висячего крыла будет вовлечена в сбросовое перемещение. Таким образом, в деформационном процессе проявляется важная кинематическая особенность - кручение в результате действия вращательных моментов.

Вдоль периметра эллипса разрыва на рис.3 показаны участки, отличающиеся по типу смещения. Видно, что в пределах одного разрыва, инициированного взбросовым (а также и сдвиговым - рис.3,б) полем тектонических напряжений, проявляются все возможные варианты подвижек блоков и их комбинации.

Поворот эллипса разрыва на 90^0 (рис.3,б) с учетом соответствующего пространственного искривления поверхности сместителя приводит к выводу о том, что шарнирные перемещения столь же закономерны и для сдвигов.

Анализируя рассмотренные особенности рудовмещающих разрывов скалывания в аспекте обсуждаемой проблемы структурно-морфологической зональности рудных жил, мы приходим к заключению, что закономерные изменения характера и амплитуды предрудных подвижек как по падению, так и по простиранию сместителей должны обуславливать преобладание ЭФ тех или иных морфотипов на разных глубинах.

В б р о с е. На верхнем горизонте взброса, на том его фланге, где угол падения с глубиной увеличивается, должны доминировать ЭФ III и IУ морфотипов, продуцируемые взбросовыми смещениями. Однако на значительной части горизонтальных сечений верхнего уровня будут преобладать ЭФ IУ и У морфотипов, возникающие в условиях сдвига. Заметим, что здесь и далее речь идет только о преобладающем проявлении, а не о полном господстве ЭФ определенных морфотипов, поскольку на более высоких иерархических уровнях строения жил, т.е. на уровнях рудных кулис разных рангов, воспроизводится картина распределения разнотипных элементарных фрагментов, свойственная жиле в целом.

По всей протяженности жилы по простиранию на средних горизонтах будут доминировать ЭФ III и УI морфотипов, хотя за осью вращения (точкой О) их появление связано уже не со взбросовыми, а со сбросовыми подвижками.

На нижних горизонтах картина аналогична верхним горизонтам, с той лишь разницей, что направление сдвига меняется на противоположное (рис.3,а).

С д в и г и. Как видно на рис.3,б, на верхних горизонтах преобладают Э$_к$, отражающие сдвиговый характер смещения, т.е. IУ и У морфотипов. На средних горизонтах в центральной части эллипса доминируют ЭФ IУ и У морфотипов, на окончаниях - III и УI морфотипов, формируемые взбросовыми и сбросовыми подвижками. На нижних горизонтах, как и в случае взбросов, повторяется ситуация верхних горизонтов, но со сменой направления сдвигов и с изменением их амплитуды.

Проверка соответствия этой теоретической модели реальной картине распределения ЭФ разных морфотипов, выполненная на горизонтах вскрытия и полного (т.е. в пределах контура балансовых запасов) проявления вовлеченных в анализ оловорудных жил, показала высокий уровень их сходимости.

Главная рудная зона месторождения Эге-Хая (Якутия), являющаяся примером рудных тел класса А, на горизонте I вскрыта штольней, поэтому полная ее протяженность в пределах контура балансовых запасов не может быть оценена с достаточной достоверностью. На горизонтах 2 и 3 (верхнерудный уровень), где границы балансовых запасов определены надежно, можно уверенно разделить рудное тело по простиранию на две примерно равные части: юго-западную и северо-восточную (рис.4). Для юго-западной части характерно обилие параллельных и субпараллельных жил и прожилков, т.е. ЭФ УI морфотипа, что отражает преимущественно взбросовый характер смещений. На северо-восточном фланге ЭФ УI морфотипа вообще отсутствуют, а суммарная протяженность ЭФ III морфотипа составляет лишь 26 % от длины северо-восточного участка. Резкое преобладание ЭФ IУ и У морфотипов свидетельствует в пользу преимущественного развития здесь сдвигов.

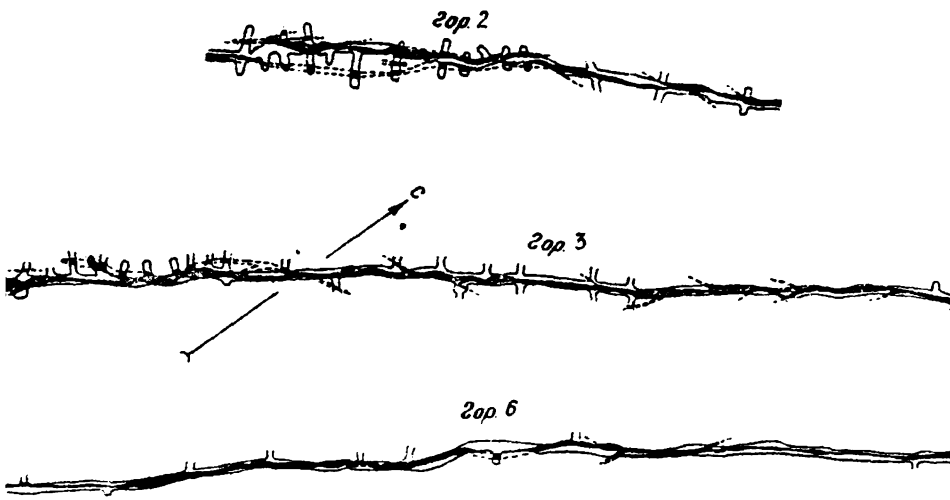


Рис.4. Планы горизонтов 2, 3 и 6 по Главной рудной зоне месторождения Эге-Хая (пояснения в тексте)

Иначе выглядит распределение ЭФ указанных морфотипов на горизонте 6 - на среднерудном уровне (рис.4). Здесь на долю ЭФ III и УI морфотипов приходится 79 % общей протяженности рудного тела в пределах контура балансовых запасов. К сожалению, данными по нижним горизонтам Главной рудной зоны мы не располагаем.

Очевидно, что эти данные, а также аналогичные показатели по другим жилам класса А (Волковская Хрустального месторождения, Оловянная и Параллельная Дубровского месторождения, № 81 Депутатского месторождения и др.) хорошо согласуются с предложенной моделью предрудных смещений вдоль пространственно искривленных рудовмещающих разрывов.

Столь же убедительно согласуется с теоретической моделью распределение по горизонтам ЭФ различной формы в жилах класса Б. Это можно показать на примере вскрытой на 10 горизонтах жилы Воинова месторождения Хапчеранга (Забайкалье). На верхнерудных горизонтах 0 и 1 на долю "взбросовых" ЭФ приходится 11 % общей протяженности рудного тела. На среднерудном интервале (горизонты 4–6) с юго-востока на северо-запад доля этих ЭФ сначала уменьшается с 77 до 35 %, а на северо-западном фланге вновь возрастает до 61 %.

Взбросо- и сбрососдвиговые смещения, характерные для разрывов, вмещающих жилы класса В (№ 34 Депутатского месторождения, Весна месторожде-

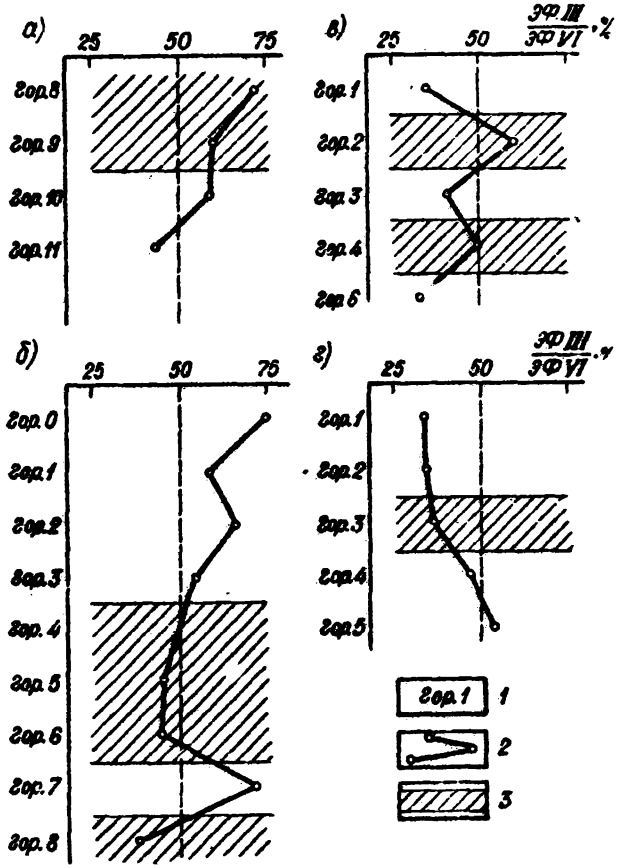


Рис.5. Сопоставление продуктивности жил на различных уровнях глубинности с характером предрудных смещений на этих уровнях: а – жила Волшовская, месторождение Хрустальное; б – жила Воинова, месторождение Хапчеранга; в – жила Главная, месторождение Смирновское; г – жила Весна, месторождение Ингитас

1 – горизонты вскрытия и прослеживания жил; 2 – график изменения по вертикали доли ЭФ III и VI морфотипов в в общей протяженности жил на горизонтах; 3 – уровни глубинности с максимальным содержанием металла

ния Клинтас, № 7 Лиственного месторождения и др.), определяет произвольное, но в целом наклонное по отношению к горизонту положение осей эллипса разрыва. Вероятно, с этим связано отсутствие видимой закономерности в распределении ЭФ на различных горизонтах.

Характеристика вертикальной структурно-морфологической зональности будет неполной, если не привести данных о согласованности кинематики жиловмещающих разрывов, а значит, и формы ЭФ жил, с их рудоносностью, мерой которой является среднее содержание металла в элементарном жильном фрагменте. Сравнительный анализ показал (рис.5), что наибольшая продуктивность в жилах класса А характерна для участков с преобладанием взбросовых предрудных движений, в жилах класса Б – для участков с преобладающей сдвиговой кинематикой. Так, если относительно невысокое среднее содержание олова на горизонтах 2 и 3 Главной рудной зоны Эге-Хая принять за единицу, то на юго-западном фланге оно составит I,56, а на северо-восточном – только 0,7I. На горизонте 6, где морфометрический анализ указывает на преобладание взбросовых перемещений, среднее содержание олова возрастает почти в 2 раза. В жиле Воинова горизонты 2 и 3 характеризуются минимальным содержанием металла, на горизонтах 4–6 оно возрастает в 4–5 раз.

Выводы

I. Исследование вертикальной структурно-морфологической зональности оловорудных жил, выполненное с учетом морфометрических характеристик их элементарных фрагментов, показало, что на проявление этого вида зональности существенное влияние оказывают: I) форма рудовмещающих разрывов скалывания в продольной проекции, аппроксимируемая эллипсом, положение осей которого определяется типом поля напряжений, ответственного за возникновение разрыва; 2) пространственные искривления поверхности смесителя, обусловленные реализацией предельных скалывающих напряжений вдоль конических поверхностей; 3) сложный характер предрудных смещений вдоль такой поверхности, сочетающий элементы трансляционных и вращательных перемещений крыльев.

2. Оловорудные жилы каждого из выделенных ранее трех морфологических классов демонстрируют собственные закономерности (или их отсутствие) изменения формы и строения с глубиной, нашедшие свое отражение в теоретической модели, которая хорошо согласуется с фактическими данными. Общей чертой всех изученных жил является ритмичный характер изменения с глубиной их морфометрических показателей и интенсивности оруденения, особенно наглядно проявленный в глубоко вскрытых рудных телах.

3. Выявлено существование закономерной связи между морфометрическими показателями жил на различных уровнях глубинности и продуктивностью рудных тел или их частей на этих уровнях. В жилах морфологического класса А наибольшей интенсивностью оруденения отличаются участки с преобладанием взбросовой составляющей предрудных подвижек; в жилах класса Б – участки, где доминирует сдвиговая составляющая смещений; жилы класса В не обнаруживают отчетливых зависимостей между морфометрическими показателями и богатством руды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Атлас морфоструктур рудных полей / В.Н.Ачкурина, В.А.Булынников, Ю.Д.Зубков и др. Л.: Недра, 1973. 164 с.

2. Воронов П.С. Сдвиги и планетарная трещиноватость // Зап.Ленингр. горного ин-та. 1969. Т. 58, вып.2. С. 16–27.

3. Казаков А.Н. О сложных поверхностях максимальных скалывающих напряжений и ориентировке трещин // Механика литосферы. М.: Недра, 1974. С. 8–10.

4. Крейтер В.М. Некоторые основные вопросы изучения структур рудных полей и месторождений // Геология и горное дело. 1947. Сб. 13. С. 49–63.

5. Крейтер В.М. Структуры рудных полей и месторождений. М.: Госгеолтехиздат, 1958. 272 с.

6. Лир Ю.В., Гольдвирт Н.А. О морфологии рудных столбов в жильных оловорудных телах // Зап.Ленингр. горного ин-та. 1987. Т. 112. С. 110–116.

7. Лир Ю.В. Морфологическая классификация жильных рудных тел (на материале оловорудных жил касситерит-силикатно-сульфидной формации). М., 1987. 29 с. Деп. в ВИЭМС 16.12.87, № 514-ат.

8. Лир Ю.В. Морфогенезис рудных жил (на материале оловорудных жил касситерит-силикатно-сульфидной формации). М., 1989. 52 с. – Деп. в ВИНИТИ 12.01.89, № 288-В89.

9. Лир Ю.В. О связи интенсивности оруденения с особенностями формы и строения оловорудных жил // Зап.Ленингр. горного ин-та. 1990. Т. 121. С. 63–68.

10. Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. М.: Недра, 1988. 286 с.

11. Парфенов В.Д., Жуковский С.Р. Моделирование хрупкого разрушения в условиях деформации сдвигания // Геотектоника. 1986. № 4. С. 112–117.

12. Разрывные нарушения угольных пластов (по материалам шахтной геологии) / И.С.Гарбер, В.Е.Григорьев, Ю.Н.Дупак и др. Л.: Недра, 1979. 190 с.

13. Расцветаев Л.М. Выявление парагенетических семейств тектонических дизъюнктивов как метод палеогеомеханического анализа полей напряжений и деформаций в земной коре. М.: Наука, 1987. С. 171–181.

14. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов / Геол. ин-т АН СССР. М., 1987. С. 173–235.

15. Структуры рудных полей и месторождений вольфрама, молибдена и олова / В.Б.Макеев, А.Б.Павловский, В.Т.Покалов и др. М.: Недра, 1983. 234 с.

16. Хиллс Е. Очерки структурной геологии. М.: ИЛ, 1954. 174 с.

17. Ходанович П.Ю., Смирнова О.К., Горбачев С.И. Структурно-геохимическая зональность месторождения Холтосон (Джидинское рудное поле) // Вертикальная зональность магматогенных рудных месторождений. М.: Наука, 1984. С. 115–127.

18. Шерман С.И., Борняков С.А., Буддо В.Ю. Области динамического влияния разломов. Новосибирск: Наука, 1983. 112 с.