

А. Д. КАНИЩЕВ

**СИНУСОИДАЛЬНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ
ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЗАБАЙКАЛЬЯ ОТ УГЛОВ
ПАДЕНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ И ЕЕ ВОЗМОЖНАЯ ПРИЧИНА**

(Представлено академиком В. И. Смирновым 12 VI 1973)

Из горной и геологической практики известна большая надежность крутопадающих эндогенных рудных тел, залегающих в трещинах или трещинных зонах, по сравнению с пологопадающими. Так, например, Р. М. Константинов и А. Н. Дмитриев (¹), исследуя влияние геологических факторов на масштабы оруденения месторождений сульфидно-касситеритовой формации, при помощи математических методов установили, что углы падения рудных тел от 50 до 90° значительно более информативны для локализации крупных месторождений этой формации, чем пологие углы падения.

Предположив, что в довольно частой приуроченности значительных запасов к крутопадающим рудным телам скрыта какая-то общая для эндогенного оруденения закономерность, автор свел воедино данные Северного, Центрального и Восточного Забайкалья по рудной массе в зависимости от углов падения рудных тел, разбив их на группы через 15° (табл. 1). При этом были учтены все считающиеся эндогенными рудопроявления и месторождения олова, вольфрама, молибдена, редких металлов, золота, свинца, цинка и флюорита, в которых углы падения рудных тел известны. В основном это жилы и жилообразные тела. В расчеты вошли данные по 1550 рудопроявлениям и месторождениям, каждое из которых содержит от 1 до 100 рудных тел, а всего было учтено 6877 рудных тел. В тех случаях, когда рудные тела в пределах месторождения имели резко различные углы падения и количество руды по имеющимся материалам было невозможно учесть для каждого тела в отдельности, при составлении табл. 1 рудная масса таких объектов отнесена либо к резко преобладающему в пределах рудного поля углу падения, либо разбита по углам падения пропорционально числам рудных тел.

Выяснилось, что рудные тела, имеющие углы падения менее 30°, встречаются редко, 58% их числа падают под углами 45—75°, и на интервал углов падения 45—90° обычно приходится от 75 до 95% запасов полезных компонентов. Наиболее крупные месторождения всех выпетеречисленных полезных ископаемых также представлены крутопадающими телами, за исключением редких металлов и молибдена, максимальные средние размеры месторождений которых приходится на углы падения 15—45°, что, вероятно, объясняется метасоматической природой их рудных тел.

Средние содержания полезных компонентов для суммы оруденения по интервалам углов падения меняются мало: разбив для каждого полезного ископаемого содержания от минимального до максимального на 12 равных интервалов, мы установили, что средний арифметический интервал по числу рудных тел с тем или иным содержанием для каждого интервала углов падения, взятых через 15°, близок к 4. Такая же закономерность установлена отдельно для Букуинского кварцево-вольфрамитового месторождения, которое оказалось удобным объектом для ис-

Таблица 1

Распределение массы руды гидротермальных месторождений Sn, W, Mo, редких металлов, флюорита, Au, Pb и Zn Забайкалья в зависимости от (средних) углов падения рудных тел

	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
Масса руды (усл. ед.)	3,2	42,3	70,3	100	132,7	144,7	38,5
Соотношения масс	0,02	0,29	0,49	0,70	0,93	1	0,27
Синусы углов падения	0,0	0,26	0,50	0,71	0,86	0,97	
Соотношения значений синусов	0,0	0,28	0,52	0,74	0,89	1	

Таблица 2

Распределение рудной массы в зависимости от углов падения на Букукинском кварцево-вольфрамитовом жильном месторождении

	0—30°	30—60°	60—90°
Масса руды (усл. ед.)	1,24	3,06	4,1
Соотношения масс	1	2,5	3,4
Синусы углов 15; 45; 75° (средних)			
Соотношение значений синусов	0,26	0,70	0,96
	1	2,7	3,7

следования в связи с широким диапазоном углов падения жил и возможностью определить количество руды по интервалам углов падения через 30° (см. табл. 2). Средние арифметические содержания вольфрама на Букукинском месторождении также не зависят от углов падения, являясь близкими к 0,7 %.

Однако главный вывод, вытекающий из табл. 1 и 2, заключается в том, что суммарные запасы руды с тем или иным преобладающим углом падения рудных тел растут по мере увеличения углов падения от 0 до 75°, а затем уменьшаются при угле падения, близком к вертикальному.

Для объяснения главной закономерности обратимся к динамике гидротермальных растворов. На причины их восходящего движения существует несколько точек зрения. Например, В. И. Смирнов ⁽²⁾ считает наиболее убедительной причиной давление парообразной фазы, накапливающейся при раскристаллизации магмы (стр. 266). А. А. Пэк ⁽³⁾ отдает предпочтение гравитационной изостазии, т. е. выжиманию поровых растворов под действием столба вышележащих пород. Существуют и другие гипотезы, но всеми признается тот факт, что гидротермальные растворы движутся от высокого давления P_1 в сторону пониженного давления P_2 . В то же время, несомненно, что движение гидротермальных растворов происходит в пористых и трещиноватых породах, т. е. представляет собой фильтрацию, а значит это движение должно подчиняться основному закону фильтрации — закону Дарси, что признается А. А. Пэком ⁽³⁾. Закон Дарси применим к расчету скорости фильтрации при ламинарном движении жидкости, когда скорости движения невелики, и не применим при турбулентном движении. Течение гидротермальных растворов несомненно ламинарное, так как, по ⁽⁴⁾, в зонах тонкотрещиноватых пород течение растворов, вследствие большого сопротивления, оказываемого поверхностными силами, должно сильно замедляться и приближаться к состоянию застойных вод (стр. 477). Уравнение Дарси имеет следующий вид ⁽⁶⁾:

$$Q = KF \frac{\Delta H}{L},$$

где Q — расход воды, F — площадь поперечного сечения трубки, ΔH — потеря напора, L — длина трубки, K — коэффициент фильтрации.

Применительно к движению гидротермальных растворов (см. рис. 1): Q — количество раствора, проходящее в единицу времени через площадь поперечного сечения F трещиноватой или пористой зоны с коэффициентом фильтрации K ; ΔH — разность давлений на двух рассматриваемых уровнях, равная $P_1 - P_2$; L — длина пути раствора при его движении от уровня давления P_1 в рудоподводящем канале или камере скопления рудных растворов к уровню рудоотложения с давлением P_2 .

Если рассматривать две или более зоны движения растворов, поднимающихся от уровня P_1 к уровню рудоотложения P_2 , с равными поперечными сечениями, проходящих в одинаково трещиноватых или пористых породах и питающихся из одного рудоподводящего канала, то количество рудного раствора Q_n , проходящего на уровне рудоотложения P_2 (дебит), будет зависеть от длины пути раствора $L_n = L / \sin \alpha$, где L — высота подъема раствора по вертикали, α — угол наклона зоны движения растворов. Подставляя в уравнение Дарси, получим:

$$Q_n = FK \frac{P_1 - P_2}{L} \sin \alpha.$$

В этом выражении для рассматриваемых условий все величины, кроме угла наклона, постоянны. Обозначив их A , получим $Q_n = A \cdot \sin \alpha$.

Отсюда следует, что при прочих равных условиях объемы рудного раствора, проходящие в единицу времени по рудовмещающим структурам на уровне рудоотложения, а значит и объемы отлагающейся при этом рудной массы прямо пропорциональны синусам углов наклона этих структур. Иными словами, в пределах отдельно взятого рудного поля, сложенного одной разновидностью пород, где в момент рудообразования было достаточное количество разно наклоненных трещин или трещинных зон одинаковой водопроницаемости и поперечного сечения, или же при большой выборке, когда вариации величин F , K , P_1 и P_2 взаимно компенсируются, распределение запасов руды по телам с различным падением должно стремиться быть прямо пропорциональным синусам углов падения рудных тел. Неблагоприятность пологих трещинных зон объясняется еще и тем, что при небольших углах падения, когда длина пути раствора к уровню рудоотложения синусоидально увеличивается, давления, побуждающего раствор к движению, может оказаться недостаточно для преодоления поверхностных сил в трещинах и рудный раствор может не достичь уровня рудоотложения, причем возможность рудообразования не будет реализована.

Получив чисто абстрактным путем этот вывод и вновь обратившись к табл. 1 и 2, автор испытал большое удовлетворение, когда выявил, что реальное распределение запасов очень близко к синусоидальной зависимости от углов падения рудных тел, вытекающей из закона Дарси. Для суммарных запасов руды Забайкалья их пропорциональность синусам углов падения наблюдается от 0 до 75°, лишь рудные тела с почти вертикальным падением не подчиняются этой закономерности, — заключенные в них запасы приблизительно в два раза меньше тех, которые можно было бы ожидать.

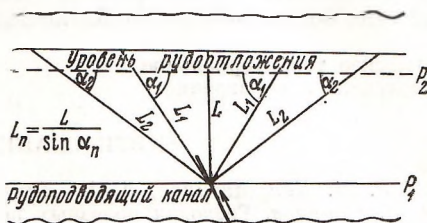


Рис. 1. Схема, показывающая различную длину пути рудного раствора от рудоподводящего канала к уровню рудоотложения в зависимости от углов падения рудовмещающих трещинных зон и трещин, которые могут служить рудораспределяющими и рудовмещающими структурами одновременно (5).

Действенность закона Дарси для любых гидротермальных растворов, движущихся в пористых и трещиноватых породах, и подтверждающая ее большая выборка по оруденению Забайкалья позволяют надеяться, что синусоидальная зависимость размеров запасов от углов падения рудных тел является общей закономерностью гидротермального рудообразования. Однако в связи с тем, что рудообразование, как и большинство геологических процессов, процесс стохастический — вероятностный (¹), и эта закономерность также вероятностная, т. е. обычно проявляется при достаточно большом числе наблюдений.

Читинское территориальное
геологическое управление

Поступило
6 VI 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Р. М. Константинов, А. Н. Дмитриев, Геол. рудн. месторожд., № 2 (1970).
² В. И. Смирнов, Геология полезных ископаемых, 1969. ³ А. А. Пэк, О динамике ювенильных растворов, «Наука», 1968. ⁴ А. Г. Бегеттин, Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях, Изд. АН СССР, 1953. ⁵ В. М. Крейтер, Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, ч. 1, т. 2, М., 1960.
⁶ А. И. Силин-Бекчурин, Динамика подземных вод, М., 1958. ⁷ А. Б. Вистелиус, Разв. и охрана недр, № 6 (1964).