

С. В. КОЛЕСОВ, С. Е. САКС, А. Е. СМОЛДЫРЕВ

О МИГРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КАССИТЕРИТА

(Представлено академиком В. И. Смирновым 17 I 1974)

Возможность образования аллохтонных аллювиальных и морских россыпей зависит, в первую очередь, от миграционной способности россыпеобразующих минералов ⁽¹⁾, которая определяется, помимо других факторов, измельчением частиц при переносе их водными потоками. Значение фактора измельчения для процессов формирования россыпей тяжелых минералов часто преувеличивается. Так, например, считается, что касситерит не образует россыпей вдали от коренных источников, потому что он хрупок и быстро измельчается при перемещении в водных потоках ⁽²⁾. Вместе с тем, известно, что гранулометрический состав аллохтонных аллювиальных и прибрежно-морских россыпей во многом зависит от гидродинамической сортировки частиц. Чтобы внести ясность в этот вопрос, был поставлен эксперимент по измельчению касситерита в водном потоке.

В природных условиях касситерит перемещается вместе с пустой породой. В эксперименте в качестве породы был взят кварц класса 0—40 мм. Подбирались близкие к природным параметрам распределений частиц смеси кварца с касситеритом. В эксперименте учитывалось изменение следующих величин: L — длины пути, v — скорости перемещения, d_0 — начального размера зерен касситерита, M и S — характеристики гранулометрического состава кварца, причем $\lg M$ и $\lg S$ — соответственно математическое ожидание и стандартное отклонение распределения логарифмов размеров частиц.

Чтобы учесть прочностные свойства касситерита разного происхождения, в эксперименте были использованы пять различных образцов: № 1 — из коры выветривания сульфидной жилы, №№ 2, 3 — из коренных месторождений касситерит-силикатной формации, № 4 — из месторождения касситерит-кварцевой формации, № 5 — из аллювиальной россыпи.

Лабораторная установка ⁽³⁾, на которой моделировался природный процесс перемещения касситерита в водном потоке, представляла собой тор — трубу диаметром 0,2 м, согнутую в кольцо диаметром 2,6 м. Тор был ориентирован в вертикальной плоскости и мог вращаться вокруг горизонтальной оси. Длина пути перемещения обломочного материала моделировалась числом оборотов установки. Конструкция электропривода позволяла менять скорости вращения.

Эксперимент был спланирован по методике ⁽⁴⁾ с применением латинских квадратов. Для каждого из 25 опытов, согласно общему плану эксперимента, задавалась комбинация значений параметров:

L , км	3,12	6,25	12,5	25	50
v , м/сек	0,45	0,64	1,05	1,68	2,52
M , мм	1	2	4	8	16
$\lg S$	0,18	0,26	0,30	0,36	0,42
d_0 , мм	+0,25	+0,5	+1	+2	+3

По результатам каждого опыта определялись средневзвешенные диаметры частиц касситерита и кварца, измельченные при перемещении.

Для описания процессов измельчения терригенного материала в водных потоках обычно используются экспоненциальные формулы. Так например, известна формула Штернберга (1)

$$D = D_0 \exp(-\alpha L), \quad (1)$$

где D_0 и D — соответственно начальный и текущий диаметр частиц, а α — эмпирический коэффициент, равный 0,0046–0,0058 для кварца. Аналогично, зависимость степени измельчения частиц от параметров эксперимента можно представить:

для касситерита

$$d = d_0 \exp(-\varphi_1 K_1), \quad (2)$$

для кварца

$$D = D_0 \exp(-\varphi_2 K_2),$$

где d_0 и d — начальный и конечный диаметры частиц касситерита, φ_1 и φ_2 — коэффициенты, K_1 и K_2 — обобщенные переменные (степенные функции параметров L, v, M, S и d_0). Вид выражений для K_1 и K_2 был определен при обработке результатов эксперимента.

Зависимости степеней измельчения d/d_0 и D/D_0 от переменных K_1 и K_2 по опытным данным представлены на рис. 1.

Коэффициент $\varphi_2 = 0,002$, а φ_1 зависит от образца и принимает соответственно значения 0,027; 0,035; 0,045; 0,058 и 0,074. Относительная погрешность определения коэффициентов φ_1 и φ_2 не превышает 15%.

Для практических расчетов могут быть рекомендованы упрощенные формулы:

$$K_1 = \sqrt[3]{S/d_0} \sqrt[3]{LvM}, \quad K_2 = v \sqrt[3]{LMS^3}. \quad (3)$$

Сопоставим результат контрольного эксперимента по кварцу с формулой Штернберга, чтобы оценить возможность применения полученных зависимостей для прогнозов в природных условиях.

По (1), уменьшение исходных кусков кварца вдвое происходит на расстоянии 360–450 км. Поскольку эти величины получены для кварца размером 25 мм (6), то, принимая $M = 25$ мм, а v и S определяя из условия возможности перемещения таких частиц, по (2) и (3) получаем, что уменьшение диаметра кусков кварца вдвое произойдет через 340 км. Таким образом, условия измельчения частиц в эксперименте и природной обстановке достаточно сходны.

На рис. 2 показано уменьшение диаметров частиц касситерита в зависимости от дальности перемещения L в условиях, близких к природным. Кривые получены для обр. № 3 ($\varphi_1 = 0,045$). Абсциссы пересечений кривых с линией $d/d_0 = 0,5$ показывают, на каком расстоянии происходит

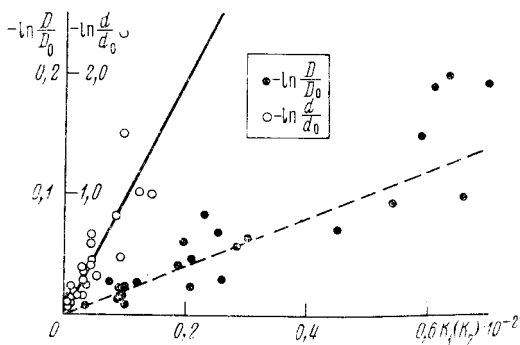


Рис. 1

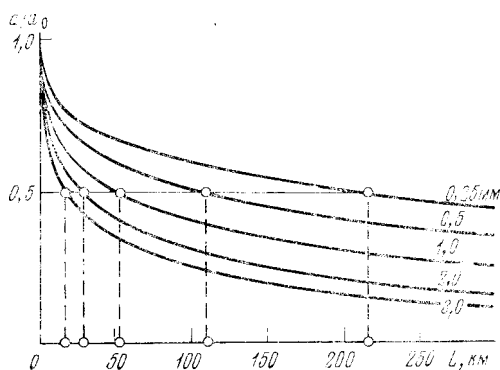


Рис. 2

уменьшение вдвое диаметра исходных зерен касситерита данной фракции крупности.

Приведенные результаты исследований свидетельствуют о том, что в отношении измельчения в водном потоке касситерит класса 0,25—3,0 мм обладает значительной устойчивостью, поэтому его миграционная способность определяется в основном условиями гидродинамической сортировки.

Для крупных классов — более 1—2 мм — диаметр гидроэквивалентных частиц вмещающей породы в среднем в 3,5 раза больше, вследствие чего при размыве рыхлых отложений касситерит проседает и не выносится водными потоками.

Наблюдаемое в естественных условиях уменьшение размеров зерен касситерита при удалении от коренных источников объясняется выносом лишь мелких фракций (<0,5—1 мм).

Для образования россыпей помимо возможности миграции минералов необходимо благоприятное сочетание гидродинамических условий с определенным соотношением гранулометрических составов породы и полезных компонентов.

Московский геологоразведочный институт
им. С. Орджоникидзе

Поступило
15 I 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. И. Смирнов, Геология полезных ископаемых, М., 1966. ² В. Г. Беспалый, Г. Ф. Павлов, В. Л. Сухорослов, В сборн. Проблемы геологии россыпей, Магадан, 1970.
³ Е. Ф. Руков, А. Е. Смолдырев, В. В. Трайнис, Уголь, № 5 (1966). ⁴ Х. Шенк, Теория инженерного эксперимента, М., 1972. ⁵ В. Н. Гончаров, Гидротехническое строительство, № 10 (1931).