

Промышленные типы месторождений молибденовых руд

Молибден – серебристо-серый ковкий металл с плотностью 10,02–10,32 г/см³, обладающий высокой термостойкостью (температура плавления 2620 ± 20 °С), легкой дегазацией, небольшой упругостью пара, высокими значениями электро- и теплопроводности, малым коэффициентом линейного расширения, значительной прочностью, высоким модулем упругости и хорошей обрабатываемостью.

Основная область применения молибдена – металлургическая промышленность (85–90 %), где он используется в качестве легирующей добавки, главным образом при производстве сталей, а также в производстве (совместно с V, W, Cu, Ni и Co) твердых, жаростойких и кислотоупорных сплавов. Кроме того, молибден применяется в машиностроении, радио- и электротехнике в чистом виде для изготовления лопаток турбин, в качестве конструкционного материала в энергетических ядерных реакторах, при изготовлении деталей электроламп.

Широко используются химические соединения молибдена: дисульфид молибдена (чистый молибденит) – как смазочный материал для трущихся частей механизмов; молибдат натрия – в производстве лаков и красок; оксиды молибдена – как катализаторы в нефтяной и химической промышленности. Расширяется применение соединений молибдена (преимущественно в форме молибдата аммония) в производстве удобрений.

Молибден принадлежит к малораспространенным элементам, среднее содержание его в земной коре составляет 1,1·10⁻⁴ % (по массе). Из 20 известных минералов молибдена основное промышленное значение имеют пять (табл. 1).

Главнейший минерал молибденовых руд – молибденит, более 98 % всей добычи молибдена производится из молибденитовых руд, второстепенную роль играет молибдошеелит, известный в некоторых скарновых месторождениях, и совсем незначительную – повеллит, ферримолибдит и вульфенит, развивающиеся в зоне окисления. Промышленное значение имеют также молибдаты урана, широко распространенные в молибден-урановых месторождениях.

Главнейшие минералы молибдена

Минерал	Химическая формула	Содержание Мо, %
Молибденит	MoS ₂	57,1–60
Молибдошеелит (зейригит)	Ca(W, Mo)O ₄	1–24
Повелит	CaMoO ₄	48,2
Ферримолибдит	Fe ₂ ³⁺ (MoO ₄) ₃ · 7H ₂ O	39,7–60,2
Вульфенит	Pb (MoO ₄) ₃	27–46

Таблица 1 – Главнейшие минералы молибдена

Различная растворимость молибденсодержащих минералов в соляной кислоте и щелочах позволяет отдельно определять количество молибдена, связанного с молибденитом, повеллитом, ферримолибдитом и вульфенитом.

Другие молибденсодержащие минералы (кехлинит, комозит, линдгренин, чиллагит, иордизит и др.) встречаются редко.

Молибденовые руды по составу подразделяются на собственно молибденовые, медно-молибденовые и вольфрам-молибденовые. Из этих руд попутно получают: висмут, свинец, цинк, медь, олово, золото, серебро, рений, селен, теллур, германий, скандий. В свою очередь, молибден попутно учитывают и извлекают из руд некоторых урановых, вольфрамовых, медных и полиметаллических месторождений.

Месторождения монометалльных молибденовых руд формировались в процессах тектономагматической активизации на платформах и в областях завершённой складчатости, пространственно и генетически связаны с крупными интрузивами умеренно-кислых гранитоидов, с их экзо- и эндоконтактами.

По запасам молибдена (тыс. т) месторождения подразделяются на мелкие – до 25, средние – 25–150, крупные – 150–500 и весьма крупные (уникальные) – свыше 500. Все разнообразие форм и условий залегания молибденовых руд охватывает четыре типа месторождений: штокверковый, пласто- и

линзообразный, жильный и брекчиевых трубок. Кроме того, имеют место техногенные образования – отвалы бедных или забалансовых руд и шламохранилища.

Распределение молибдена и сопутствующих компонентов редко бывает равномерным, чаще оно очень невыдержанное, коэффициент вариации содержаний колеблется в пределах 120–150 %, реже бывает выше. Для жил весьма характерно наличие рудных столбов, образование которых связано с особенностями тектонических условий развития оруденения. Нередко это места увеличения мощностей жил в области их перегиба, узлы пересечения или места сопряжения разрывных структур разных направлений и др.

Промышленные типы месторождений молибденовых руд

Промышленный тип месторождений	Рудно-формационный тип месторождений	Природный (минеральный) тип руд	Содержание Мо в рудах, %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
Штокверковый (грейзеновый)	Молибденовый штокверковый в гранитоидах	Молибденитовый	0,05–0,25	Cu, Pb, Zn, Bi	Металлургический молибденовый (сортировочный, флотационный)	Бугдалинское, Жирекенское
	Вольфрам-молибденовый штокверковый в гранитоидах	Шеелит-вольфрамит-молибденитовый	0,03–0,10 (WO ₃ до 0,6)	Cu, Bi	Металлургический вольфрам-молибденовый (сортировочный, флотационно-гравитационный)	Коктенкольское
	Медно-молибденовый штокверковый в монцоноидах, гранодиоритах и гранитах	Халькопирит-молибденитовый	0,00n–0,0n (Cu до 0,3)	Au, Ag, Se, Tl, Bi, Re, Ge	Металлургический медно-молибденовый (сортировочный, флотационный)	Сорское, Каджаранское и др. (Армения)
Пластообразный (скарновый)	Вольфрам-молибденовый пластово-залежный скарновый	Шеелит-молибденитовый	0,003–0,2 (Cu до 0,3; WO ₃ до 0,8)	Cu, Bi, Se, Tl, Au, Ag	Металлургический вольфрам-молибденовый (сортировочный, флотационный)	Тырныаузское
	Медно-молибденовый пластово-залежный скарновый	Халькопирит-молибденитовый	0,004 (Cu до 0,3)	Se, Tl, Au, Ag, Sn, Bi	Металлургический медно-молибденовый (сортировочный, флотационный)	Киялых-Узеньское
Жильный	Молибденовый жильный в биотитовых и роговообманковых гранитах и гранит-порфирах	Молибденитовый	0,1–0,9	Pb, Zn, Ag, Bi	Металлургический молибденовый (сортировочный, флотационный)	Шахтаминское, Умальтинское
	Вольфрам-молибденовый жильный в лейкократовых гранитах	Вольфрамит-молибденитовый	0,05–0,4 (WO ₃ до 2,0)	Sn, Bi, Sc	Металлургический вольфрам-молибденовый (сортировочный, гравитационно-флотационный)	Калгутинское

Таблица 2 – Промышленные типы месторождений молибденовых руд