



МЕДНЫЕ РУДЫ

Авторы: В. И. Старостин

МЕДНЫЕ РУДЫ, природные минеральные образования, содержащие медь в таких соединениях и концентрациях, при которых их пром. использование технически возможно и экономически целесообразно. Известно св. 170 минералов меди; пром. значение имеют менее 20, основные из которых: *медь самородная* (98% Cu), *халькопирит* (34,5% Cu), *борнит* (63,3% Cu), *халькозин* (79,8% Cu), *кубанит* (22–24% Cu), *ковеллин* (66,5% Cu), теннантит (57,5% Cu), тетраэдрит (52,3% Cu), *куприт* (88,8% Cu), тенорит (79,9% Cu), *малахит* (57,4% Cu), *азурит* (55,3% Cu), *хризоколла* (36,1% Cu), *брошантит* (56,2% Cu). По генезису различают первичные, окисленные и смешанные М. р.; по минер. составу – собственно медные (самородная медь) и комплексные (сульфидные, карбонатные, силикатные, сульфатные, оксидные и др.). В первичных рудах большинства пром. месторождений медь присутствует в виде сульфидов (халькопирит, борнит и халькозин, кубанит), в зонах окисления (окисленные и смешанные руды) представлена карбонатами, силикатами, сульфатами, оксидами и др. классами минералов. М. р. в месторождениях преим. комплексные. До 80% меди извлекается из сульфидных руд, остальные приходится на карбонатные, оксидные, силикатные и собственно медные. На всех типах сульфидных месторождений в приповерхностных условиях формируются сложнопостроенные зоны окисления, выщелачивания, вторичного сульфидного обогащения, в которых развиты самородная медь, хризоколла, куприт, азурит, малахит, халькозин, ковеллин и др.

Месторождения М. р., содержащие запасы св. 5 млн. т, относят к уникальным (выявлено 18 таких месторождений, 4 из них – в России), крупные месторождения имеют запасы от 1 до 5 млн. т, средние – от 0,2 до 1 млн. т, мелкие – менее 0,2 млн. т. Богатые руды содержат св. 2% меди, рядовые – 1–2%, бедные – менее 1%. Ср. содержание меди в добываемых рудах составляет 1–0,8% (постоянно снижается: в 19 в. добывались руды со ср. содержанием 10%, в нач. 20 в. – 3,8%). Богатые руды поступают в плавку без обогащения, рядовые и бедные – обогащают. Сложность и способы обогащения руд зависят от их минер. состава и текстурно-структурных особенностей.

Среднее содержание меди в разл. типах руд осн. геолого-пром. типов месторождений меди колеблется в пределах 0,3–6%. Содержание в них осн. попутных компонентов варьирует в ещё большей степени, составляя в ср. для платиноидов, Au, Re 10^{-6} – $10^{-4}\%$; для $\text{Ag, Se, Te, In, Tl, Ga, Ge}$ 10^{-4} – $10^{-3}\%$; для Mo, Bi, Cd, Co 10^{-3} – $10^{-2}\%$; для $\text{Zn, Pb, Ni, R, Ti, V}$ 10^{-1} – $n\%$; для S n – $n \cdot 10\%$ (магнетитового). В качестве вредных примесей в М. р. часто встречаются мышьяк и сурьма (10^{-3} – $10^{-2}\%$), иногда ртуть ($10^{-4}\%$).

Пром. месторождения М. р. разделяют на 6 генетич. групп, в которых выделяют не менее 8 осн. геолого-пром. типов. Среди магматических различают 2 геолого-пром. типа – сульфидные медно-никелевые и медно-титановые (или ванадиево-железомедные); в карбонатитовых и скарновых – по одному типу, одноимённому генетич. группе; среди гидротермальных плутоногенных выделяют 2 типа – медно-порфировые и сульфидно-

кварцевые жильные; в колчеданных – тип медно-колчеданных, в стратиформных – тип медистых песчаников и сланцев. Геолого-пром. типы весьма неравноценны по своему экономич. значению. Среди зарубежных месторождений М. р. преобладают медно-порфировые месторождения (от 65 до 70% мировых подтверждённых запасов меди), в месторождениях медистых песчаников и сланцев сосредоточено от 15 до 20% запасов, в медно-колчеданных 5–8%, в сульфидных медно-никелевых 2–2,5%, в скарновых 2–4%, в карбонатитовых 0,5–0,7%. В России осн. значение по запасам и добыче имеют месторождения трёх типов: сульфидные медно-никелевые (44,7% от общих по стране), медно-колчеданные (28%) и медистых песчаников и сланцев (20,9%); на остальные типы – медно-порфировые, железомедные, скарновые и др. приходится 6,4%. Выделение новых геолого-пром. типов месторождений М. р. связано с освоением минер. ресурсов океана (напр., стратиформные залежи сульфидных медных руд в океанич. осадках, сульфидные постройки).

Медно-порфировые месторождения связаны с гипабиссальными порфировыми интрузиями умеренно кислого состава. Рудные тела представлены штокверками изометричной, удлинённой или сложной формы. Медно-порфировые руды имеют прожилково-вкрапленные текстуры, гл. минералы – пирит, халькопирит, халькозин, борнит, молибденит. Руды комплексные, содержание меди в них колеблется от 0,4 до 1,2%, среднее 0,6–0,7%. Среди них по составу руд и соотношениям меди, молибдена и золота выделяют четыре типа: собственно медно-порфировые и золотомедно-порфировые, молибден-медно-порфировые, медно-молибден-порфировые и собственно молибден-порфировые. Помимо меди, молибдена и золота из руд извлекают рений, серебро и др. металлы. Размеры рудных залежей, как правило, велики, площадь их нередко измеряется квадратными километрами, объёмы достигают 1 км³ (иногда более). В уникальных месторождениях этого типа (Чукикамата, Эль-Теньенте в Чили) запасы превышают 20 млн. т. Выделяют три планетарных пояса распространения медно-порфировых месторождений: Тихоокеанский (Чили, Перу, Мексика, США, Канада), в котором сосредоточена преобладающая часть запасов; Средиземноморский (Сербия, Македония, Болгария, Армения, Турция, Иран, Афганистан, Зап. Пакистан, Сев. Индия); Казахстанско-Монгольский (Казахстан, Узбекистан, в России – Тува; Монголия, Китай). Известно ок. 150 медно-порфировых месторождений, среди наиболее известных: Коунрад (Казахстан), Каджаран (Армения), Кальмакыр (Узбекистан), Песчанка (Россия), Бингем, Сан-Маньюэл (США), Валли-Коппер (Канада), Майданпек (Сербия) и др.

Месторождения медистых песчаников и сланцев связаны с формациями красноцветных, пестроцветных, сероцветных песчано-сланцевых первоначально осадочных (иногда вулканогенно-осадочных) пород, испытавших позднее заметные преобразования в результате процессов диа- и катагенеза и под воздействием подземных горячих минерализов. вод. Рудные тела преим. пластообразной формы, длина и ширина – от мн. сотен метров до нескольких километров, мощность до 30 м (иногда более). Месторождения характеризуются крупными размерами, нередко относятся к уникальным по величине запасов. Содержание меди в рудах колеблется от 1 до 6%, среднее – 3,5%. Соотношение гл. рудообразующих элементов $\text{Pb} : \text{Zn} : \text{Cu} = 1 : 0,5 : 10$. Руды сульфидные. Наиболее распространённые минер. типы руд: халькопирит-борнит-халькозиновый; галенит-халькопирит-борнит-халькозиновый (первичные); брошантит-куприт-самородномедно-малахитовый смешанный (вторичные и окисленные). Текстуры руд слоисто-полосчатые и прожилково-вкрапленные. Попутные пром. компоненты – свинец, цинк, серебро, платиноиды, рений, селен, теллур, кобальт, уран, кадмий, германий. Наиболее крупные стратиформные месторождения находятся в [Меденосном поясе Центральной Африки](#) (Нчанга, Муфулира, Нкана и др. в Замбии; Камото, Мусоши в Демократич. Республике Конго), Казахстане (Джезказганское), Польше (Легницко-Глогувское рудное поле), Афганистане (Айнак), России (Удоканское

в Забайкальском крае).

Медно-колчеданные месторождения связаны с вулканогенными и вулканогенно-осадочными базальтоидными формациями ранних этапов развития складчатых поясов. Руды массивные, вкрапленные и прожилково-вкрапленные также имеют сульфидный состав. Сплошные массивные руды сложены в осн. пиритом с примесью халькопирита, сфалерита; иногда в небольших количествах присутствуют галенит, блеклые руды и др. сульфиды. Вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды представлены обычно гидротермально изменёнными осадочными и вулканогенными породами с вкрапленностью и прожилками тех же сульфидов. Выделяется несколько типов руд в зависимости от соотношения преобладающих сульфидов – халькопирит-пиритовые, халькопирит-сфалерит-пиритовые и др. Содержание меди – от десятых долей процента до 2–3%, в ср. ок. 1,4%. Попутно из руд извлекают цинк, свинец, серу, золото, серебро, кадмий, селен, теллур. Наиболее известные зарубежные месторождения: Кидд-Крик, Флин-Флон и др. (Канада), Скуриотиса (Кипр), Рио-Тинто (Испания), Бесси (Япония); в России – месторождения Юж. и Ср. Урала (Гайское – уникальное по запасам, Сибайское, Блявинское, Учалинское, Подольское и др.) и Сев. Кавказа (Урупское, Худесское).

Сульфидные медно-никелевые месторождения связаны с расслоенными интрузивами основного и ультраосновного состава и сформировались в результате ликвации. Рудные тела пластовой, линзообразной и неправильной формы, а также жилы. Длина по простиранию и падению от десятков до многих сотен метров. Мощность многие десятки метров. Текстуры руд вкрапленные, массивные «шлировые», прожилково-вкрапленные, брекчиевые. Состав комплексный (гл. рудные минералы: пентландит, халькопирит, кубанит, пирротин), помимо меди, из них извлекают кобальт, платиноиды, золото, серебро, селен, теллур. Наиболее известные месторождения: Фрут, Грейтон, Томпсон, Мистери-Лейк (Канада), Бушвельдский комплекс (ЮАР), Камбалда, Маунт-Кейт (Австралия); среди рос. месторождений – два относятся к числу уникальных (Талнахское и Октябрьское в Вост. Сибири).

Скарновые месторождения формируются в экзоконтактовых зонах гранитоидных интрузий, прорывающих известняки и известково-терригенные породы. Возникающие в этих условиях известковые скарны гранит-пироксенового состава развиваются и по вмещающим породам, и по гранитоидам. Пром. рудные тела размещаются в зонах экоскарнов на небольшом удалении от контакта. Они характеризуются сложной морфологией, небольшими размерами, комплексным составом руд. В этих месторождениях обычны сочетания борнит-халькопиритового и магнетитового оруденения. Руды прожилково-вкрапленные. Содержание меди высокое, но неравномерное, в ср. 1,5–3%. Сопутствующие компоненты – железо, золото, кобальт, серебро, селен, теллур, молибден. К скарновому типу относятся в России месторождения Турьинской группы на Урале, напр. Вадимо-Александровское и Гумешевское; за рубежом: Саякское, Ирису (Казахстан), Клифтон, Бисби (США), Долорес (Мексика), Тинтая (Перу), Сенган, Анжерт (Иран) и др.

Пром. тип карбонатитовых медных месторождений выделен благодаря открытию уникального по запасам, но пока единственного в мире пром. месторождения Пхалаборва в ЮАР. Это комплексное месторождение, приуроченное к массиву ультраосновных щелочных пород.

Медно-титановые месторождения (ванадиево-железомедные) немногочисленны и невелики по запасам. Приурочены к дифференцированным массивам габброидов в платиноносных поясах. Руды сульфидные железомедные ванадий-титаносодержащие; гл. рудные минералы: борнит, халькопирит, халькозин,

ванадийсодержащий титаномагнетит; текстуры прожилково-вкрапленные. Ср. содержание меди 0,65%. К этому типу относится, напр., Волковское месторождение на Урале.

Кварцево-сульфидные жильные месторождения также немногочисленны и мелки по запасам. Связаны с гранитоидными интрузиями. Рудные тела представлены жилами и жильными зонами длиной от десятков до нескольких сотен метров, мощностью от 1 до 10 м (иногда более). Руды сульфидные, медные и свинцово-цинково-медные золото- и серебросодержащие; гл. рудные минералы: халькопирит, пирит, галенит, сфалерит. Текстуры гнездово-жильные и прожилково-вкрапленные. Содержание меди в них колеблется в широких пределах от 1,5 до 6%. Среди месторождений этого типа – Золотушинское на Урале.

Выявленные мировые ресурсы М. р. (2006, в пересчёте на металл) по 94 странам составили 1683,6 млн. т, крупнейшие (79% мировых) сосредоточены в 2 частях света – в Америке 57,7% и Азии 21,3%; в Африке – 9,9%, в Австралии и Океании – 6,5%, в Европе – 4,6%. Подтверждённые запасы, учтённые по 59 странам, – 554,3 млн. т, из них: в Америке 52,2%, Азии 26,5%, Африке 10,6%, Европе 7%, Австралии и Океании 3,7%; по 12 странам с наиболее крупными подтверждёнными запасами (млн. т): в Чили 150, США 35, Индонезии 33,9, Мексике 30, Перу 30, Польше 26,7, Китае 26, Демократич. Республике Конго 25,8, Замбии 19, России 18,5, Казахстане 18,1, Австралии 18,1.

Добыча медных руд ведётся в 49 странах (2006). Ср. содержание меди в добываемых рудах 0,6–0,7%.

Общемировое произ-во медных концентратов (включая получение металла методом выщелачивания из недр и отвалов) составило 17,8 млн. т (в пересчёте на медь), в т. ч. по осн. добывающим странам (млн. т): в Чили 7,1, США 1,8, Перу 1,2, Австралии 0,9, Индонезии 0,8, Китае 0,8, России 0,7, Замбии 0,7, Канаде 0,6, Польше 0,5, Мексике 0,5, Казахстане 0,4, Иране 0,2, Папуа–Новой Гвинее 0,2, Аргентине 0,2. Медные концентраты перерабатываются на медеплавильных заводах с получением промежуточного продукта – черновой меди.

Мировое произ-во черновой меди (2006, млн. т) – св. 14, осуществлялось в 43 странах, в т. ч.: в Китае (2,4), Японии (1,6), Чили (1,6), Индии (0,6), Польше (0,6), Германии (0,5), Канаде (0,5), США (0,5), Республике Корея (0,5), Казахстане (0,4), Перу (0,4), Австралии (0,4), Замбии (0,3), Мексике (0,3), Испании (0,3), Болгарии (0,2), Иране (0,2), Филиппинах (0,2), Бразилии (0,2), Швеции (0,2), Индонезии (0,2), Финляндии (0,2), Узбекистане (0,1).

Объём произ-ва конечного продукта – рафиниров. меди в 47 странах (млн. т, без учёта произ-ва из вторичного сырья) составляет 17,4, в т. ч.: в Китае 3, Чили 2,8, Японии 1,5, США 1,3, России 0,9, Германии 0,7, Индии 0,6, Республике Корея 0,6, Польше 0,6, Перу 0,5, Канаде 0,5, Замбии 0,5, Австралии 0,4, Казахстане 0,4, Мексике 0,4, Бельгии и Люксембурге 0,4. Кроме того, из вторичного сырья добывается 2,1 млн. т рафиниров. меди.

В России разведано 13 сульфидных медно-никелевых месторождений. Ср. содержание меди в рудах месторождений этого типа – 1,24%, но в уникальных по масштабу и качеству руд месторождениях (Октябрьское и Талнахское) содержание меди в сплошных (богатых) рудах достигает соответственно 4,9 и 3,5%. В 55 медно-колчеданных месторождениях руды, как правило, высокого качества (ср. содержание меди в них 1,61%); кроме меди, содержат цинк, свинец, золото, серебро, кадмий, серу, теллур и др. компоненты. Наиболее крупные месторождения этого типа сосредоточены на Урале: Гайское (Оренбургская обл.), Подольское, Юбилейное (Башкирия), Узельгинское (Челябинская обл.). Большую роль играют также мелкие и средние месторождения Урала с высоким качеством руд: Бакр-Тау (меди 3,25%, цинка 5,53%), Северо-Подольское (меди 3,60%, цинка 3,08%), Чусовское (меди 5,18%), Александринское (меди 4,40%, цинка 5,48%), Сафьяновское (меди 3,03%) и др. Запасы руд геолого-пром. типа медистых песчаников заключены в Удоканском месторождении, содержащем св.

20% запасов страны. Запасы Волковского железомедного месторождения в габброидах (Урал) составляют 2,5% общероссийских, 2 скарновых месторождений (Урал) – 0,2%. Остальные запасы распределяются между медно-порфировыми (Салаватское на Урале, Аксугское в Туве) и др. месторождениями (где медь добывается попутно). Из руд некоторых комплексных (магнетитовых, отчасти полиметаллических) месторождений медь не извлекается, теряясь при переработке. Добыча М. р. в России осуществляется на 42 месторождениях. На два осн. медедобывающих района – Вост. Сибирь и Урал – приходится 92,8% добычи. Кроме того, добыча ведётся на Сев. Кавказе, в Алтайском крае, на Кольском п-ове и на Дальнем Востоке. Почти половина разведанных запасов меди заключена в рудах эксплуатируемых месторождений. Среднее её содержание в добываемых рудах 1,6%, что значительно выше, чем в разведанных запасах (1,1%) РФ и мира.

Мировой экспорт меди – 11 млн. т. В структуре экспорта преобладает рафиниров. медь – на её долю приходится 60% экспорта, на медь в рудах и концентратах – ок. 30%, на черновую медь – 10%. Экспорт рафиниров. меди составил (2006, млн. т) 7,1, ведущие экспортёры: Чили (2,6), Замбия (0,5), Перу (0,4), Казахстан (0,4), Япония (0,3), Польша (0,3), Австралия (0,3), Канада (0,3), Россия (0,3), Китай (0,2), Бельгия (0,2), Индия (0,2), Германия (0,1), Республика Корея (0,1), Филиппины (0,1), США (0,1), Индонезия (0,1), Швеция (0,1), Австрия (0,1), Мексика (0,1), Бразилия (0,1), Финляндия (0,1). Мировой импорт меди – св. 10 млн. т (2006), доля рафиниров. меди в нём 66%, меди в концентратах 26%, черновой меди 8%. Импорт рафиниров. меди составил (2006) 6,6 млн. т. Гл. импортёры рафиниров. меди (млн. т): США (1,1), Германия (0,9), Китай (0,8), Италия (0,8), Тайвань (0,6), Франция (0,5), Республика Корея (0,4), Таиланд (0,3), Турция (0,2), Бразилия (0,2), Великобритания (0,2), Нидерланды (0,2), Греция (0,1), Япония (0,1), Испания (0,1), Канада (0,1). Мировое потребление рафиниров. меди достигло (2006) 17,3 млн. т. Осн. потребители (млн. т): Китай (3,6), США (2,3), Германия (1,4), Япония (1,3), Республика Корея (0,8), Италия (0,8), Россия (0,7), Тайвань (0,6), Франция (0,5), Индия (0,5), Мексика (0,4), Бразилия (0,3), Испания (0,3).

Литература

Лит.: Минеральные ресурсы России. М., 1994. Вып. 1; Недра России / Под ред. Н. В. Межеловского, А. А. Смыслова. М.; СПб., 2001. Т. 1; Старостин В. И., Игнатов П. А. Геология полезных ископаемых. 2-е изд. М., 2004; Месторождения металлических полезных ископаемых. 2-е изд. М., 2005.