

# НИКЕЛЕВЫЕ РУДЫ

НИКЕЛЕВЫЕ РУДЫ, природные минеральные образования, содержащие никель в количествах, при которых технически возможно и экономически целесообразно его пром. извлечение. В природе существует ок. 50 минералов никеля, из которых наиболее распространёнными являются: пентландит  $\text{Fe}(\text{Fe},\text{Ni})_9\text{S}_8$  (22–42%  $\text{Ni}$ ), никелистый пирротин  $\text{Fe}(\text{Fe},\text{Ni})_7\text{S}_8$  (0,4–1,0%), миллерит  $\text{NiS}$  (65%), никелин  $\text{NiAs}$  (44%), герсдорфит (35%), хлоантит  $\text{NiAs}_{3-2}$  (28%), а также гарниерит  $(\text{Ni},\text{Mg})\text{OSiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$  (41–47%  $\text{NiO}$ ), непуит или ревдинскит  $3(\text{Ni},\text{Mg})\text{O}_2\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$  (21–46%  $\text{NiO}$ ). В зоне окисления мышьяковистых руд за счёт сульфидов никеля образуется водный арсенат никеля – аннабергит  $\text{Ni}_3(\text{AsO}_4)_2\cdot 8\text{H}_2\text{O}$  (29%  $\text{Ni}$ ).

Основные Н. р. – сульфидные медно-никелевые и силикатные никелевые. Сульфидные медно-никелевые руды генетически связаны с дифференциров. базит-гипербазитовыми массивами. Сложены в осн. пирротин, пентландитом, халькопиритом, магнетитом; среди второстепенных и редких минералов – пирит, хромит, кубанит, миллерит, полидимит. Руды комплексные – кроме никеля, кобальта и меди, содержат платину и металлы платиновой группы ( $\text{Pd}, \text{Os}, \text{Ru}, \text{Rh}$ ), золото, серебро, селен, теллур, серу (извлекаются попутно). Различают сплошные и вкрапленные руды. Сплошные руды сложены гл. обр. пирротин, халькопиритом и пентландитом и нередко содержат обломки вмещающих пород (брекчиевидные руды). Суммарное содержание меди и никеля в сплошных рудах составляет 8–10% и более, брекчиевидные руды содержат 2–4% никеля и 0,8–2,5% меди. Вкрапленные руды – рассеянные в массе вмещающих пород зёрна и мелкие гнезда тех же сульфидов при содержании никеля 0,25–0,50%. Сульфидные медно-никелевые руды подразделяются на богатые (св. 3%  $\text{Ni}$ ) и бедные. Богатые руды с отношением  $\text{Ni}:\text{Cu}$  не менее 1:1 и пониженным содержанием железа (менее 25%) направляются непосредственно в плавку, бедные руды подвергаются предварит. обогащению. Вредными примесями в этих рудах являются цинк, свинец и мышьяк. Из руд получают никелевый, медный и пирротинный либо комплексный (медно-никелевый) концентрат.

Силикатные Н. р. – рыхлые, глиноподобные образования коры выветривания гипербазитов, содержащие  $\text{Ni}$  от 0,75 до 4% и более. Руды сложены преим. гарниеритом, нонтронитом, непуитом, ревдинскитом, керолитом, гидрогётитом, гётитом, асболоном, гидрохлоритом. Кроме никеля, содержат 0,03–0,12% Со, соотношения между никелем и кобальтом колеблются в широких пределах – от 10:1 до 30:1. Силикатные руды в зависимости от содержания железа разделяются на силикатно-никелевые (10–12% Fe) и никельсодержащие железные (45–50%  $\text{Fe}$ ). Оба типа руд не обогащаются, а поступают непосредственно в металлургич. переработку, которая обходится дороже, чем у сульфидных руд, в ср. на 70–80%. Из руд получают никель и/или ферроникель. Вредные примеси – медь, хром, фосфор.

Месторождения Н. р. считаются очень крупными, если содержат св. 500 тыс. т, крупными – 500–250 тыс. т, средними – 250–100 тыс. т, мелкими – менее 100 тыс. т никеля. Выделяют два осн. геолого-пром. типа месторождений Н. р.: магматические (сульфидные медно-никелевые) и латеритных кор выветривания (силикатные никелевые). С этими геолого-пром. типами связано св. 99% мировых запасов никеля, из которых первым принадлежит св. 71%, вторым – ок. 29%. Силикатные никелевые латеритных кор выветривания

месторождения образуются при химич. выветривании серпентинитов и серпентинизиров. пород дунит-гарцбургитовой формации в условиях жаркого и влажного тропич. климата. Наиболее крупные и богатые месторождения, расположенные в совр. тропич. поясе Земли, возникли в олигоцен-четвертичное время. По форме залегания и условиям образования выделяются три основных морфогенетич. типа месторождений никеленосных кор выветривания: площадной, линейный (линейно-трещинный и контактово-карстовый) и линейно-площадной (трещинно-площадной и карстово-площадной). Месторождения площадного типа связаны с покровной корой выветривания, возникшей в условиях равнинного рельефа. Они составляют осн. массу запасов руд силикатных месторождений никеля; рудные тела пластообразной формы мощностью 3–20 м.

Месторождения линейного типа характерны для районов с расчленённым рельефом и развитыми зонами тектонич. нарушений; рудные тела сложной формы, часто встречаются неск. параллельных крутопадающих тел мощностью 1–50 м. Месторождения контактово-карстового подтипа линейного типа формируются на контактах гипербазитов с карбонатными породами, чаще всего, когда гипербазиты залегают над карбонатными породами. Благодаря этому выщелачиваемые компоненты – никель, магний, кремнезём – попадают в карстовые полости карбонатных пород и фиксируются в виде никелевых и магнезиально-никелевых гидросиликатов. Кроме того, никель сорбируется гидроксидами железа, глинистыми минералами. Рудные тела располагаются в карстовых камерах, сложены карстовой брекчией, глинами и др. осадочными породами с примазками и прожилками гарниерита и ревинскита; характеризуются сложной морфологией, резкой изменчивостью состава, низким содержанием или отсутствием кобальта. Наиболее богатые руды концентрируются на дне карстовых полостей. Месторождения смешанного линейно-площадного типа образуются в условиях холмистого, низкорного, относительно слабо расчленённого рельефа и объединяют в себе особенности площадных и линейных рудных тел. Наиболее известные месторождения силикатных руд: Черемшанское и Сахаринское (Россия); Ржаново (Македония); Пагонда и Ларимна (Греция); Нонок, Рио-Туба (Филиппины); Сороако и Помалаа (Индонезия); Тио, Поро, Непуи и Куауа (Новая Каледония); Гринвейл и Марлборо (Австралия); Моа и Пинарес-де-Маяри (Куба); Фалькондо (Доминиканская Республика); Серро-Матосо (Колумбия); Лома-де-Ерро (Венесуэла); Никеландия и Вермелью (Бразилия).

Магматические (сульфидные медно-никелевые) месторождения повсеместно пространственно и генетически связаны с расслоенными интрузивами базит-гипербазитовых пород. Рудоносные интрузивы располагаются исключительно в пределах зон активизации платформ и приурочены к архейским зеленокаменным поясам, протерозойским рифтогенным структурам, каледонским и герцинским зонам тектономагматич. активизации древних платформ. Они формируются и размещаются гл. обр. в пределах самих интрузивных тел, реже – во вмещающих породах. Сплошные и вкрапленные руды залегают в виде пласто- и жилообразных тел, линз. Для рудных тел докембрийских месторождений характерно преим. крутое падение, длина по падению 0,5–2 км и по простиранию 0,2–3 км. Мощность 1–50 м, иногда до 300 м. Рудные тела палеозойских и мезозойских месторождений часто характеризуются почти горизонтальным залеганием, значит. протяжённостью при мощности пластообразных залежей 4–50 м. Наиболее известные месторождения: Ждановское, Каула, Верхнее, Мончегорское, Талнахское, Октябрьское и Норильское (Россия); Линн-Лейк, Гордон-Лейк, Фруд, Грейтон, Томпсон-Майн (Канада); Камбалда, Агню, Маунт-Кейт (Австралия); Инсизва (ЮАР).

На остальные – плутогенные гидротермальные жильные никель-кобальтовые арсенидные и сульфоарсенидные месторождения (из которых никель извлекается попутно) приходится менее 0,1% мировых запасов. Кроме этих геолого-пром. типов, потенциальные ресурсы никеля заключены в океанич.

железомарганцевых конкрециях и оцениваются в 73 млрд. т при ср. содержании никеля 1,3%.

Основу мировой минерально-сырьевой базы никеля составляет относительно небольшое число месторождений: в 34 наиболее крупных сосредоточен 91% мировых подтверждённых запасов, они обеспечивают 93% мировой добычи. Мировые общие запасы никеля (36 стран, 2007) составляют 162 245 тыс. т, доказанные 58 275 тыс. т, в т. ч. в Европе (без России) 13,7%, Азии (без России) 19%, Африке 12,5%, Америке 29,5%, Океании и Австралии 21,7%; доля России 13,7% доказанных мировых запасов. Наиболее крупными доказанными запасами никеля (тыс. т) обладают: Россия (8000), Австралия (6430), Куба (5600), Новая Каледония (5500), Индонезия (5490), Бразилия (4280), ЮАР (4185), Канада (4090), Китай (2300), Филиппины (1965), Мадагаскар (1300), Колумбия (1020), Ботсвана (950), Казахстан (890), Гватемала (780), Папуа – Новая Гвинея (690), Доминиканская Республика (640).

Россия – один из крупнейших продуцентов никеля в мире. В России (в отличие от зарубежных стран) б. ч. разведанных запасов (ок. 89%) сосредоточена в сульфидных медно-никелевых месторождениях и только малая часть (11%) – в силикатных никелевых. Минерально-сырьевой базой никеля страны являются 40 месторождений разл. генезиса, из них 30 с балансовыми и 10 с забалансовыми запасами Н. р. Разрабатываются 15 месторождений, одно подготавливается к освоению, одно переведено в резерв (2011). В сумме 17 месторождений включают 94,4% разведанных запасов никеля, наиболее крупные: Октябрьское, Талнахское, Ждановское, Буруктаьское, Серовское. Преобладающая часть добычи Н. р. (96,1%) в России приходится на месторождения сульфидных медно-никелевых руд (Красноярский кр. 78,2%, Мурманская обл. 17,9%), остальная (3,9%) – на месторождения силикатных никель-кобальтовых руд Урала (Оренбургская, Свердловская, Челябинская области).

## Литература

Лит.: Боришанская С. С., Виноградова Р. А., Крутов Г. А. Минералы никеля и кобальта. М., 1981; Минеральные ресурсы России / Под ред. В. П. Орлова. М., 1997. Вып. 3; Старостин В. И., Игнатов П. А. Геология полезных ископаемых. М., 2004; Месторождения металлических полезных ископаемых. 2-е изд. М., 2005.