



# ПАЛЛА́ДИЙ

Авторы: Т. М. Буслаева

ПАЛЛА́ДИЙ (лат. Palladium), Pd, химич. элемент VIII группы короткой формы (10-й группы длинной формы) периодич. системы; ат. н. 46, ат. м. 106,42; относится к [платиновым металлам](#). Природный П. состоит из шести стабильных изотопов:  $^{102}\text{Pd}$  (1,02%),  $^{104}\text{Pd}$  (11,14%),  $^{105}\text{Pd}$  (22,33%),  $^{106}\text{Pd}$  (27,33%),  $^{108}\text{Pd}$  (26,46%),  $^{110}\text{Pd}$  (11,72%). Искусственно получены радиоизотопы с массовыми числами 91–123; наиболее долгоживущий  $^{107}\text{Pd}$  ( $T_{1/2}$   $6,5 \cdot 10^6$  лет,  $\beta$ -излучатель). Изотопы П. образуются в больших количествах при делении ядер U и Pu.

П. относится к редким элементам; содержание в земной коре составляет  $1 \cdot 10^{-6}\%$  по массе. В природе встречается в сульфидных медно-никелевых рудах в виде собственных минералов [известно ок. 30, важнейшие – фрудит  $\text{PdBi}_2$ , стибиопалладинит  $\text{Pd}_3\text{Sb}$ , звягинцевит  $\text{Pd}_3\text{Pb}$ , брэггит  $(\text{Pd}, \text{Pt}, \text{Ni})\text{S}$ ] и как изоморфная примесь в минералах никеля и/или меди. В России подобные руды встречаются в Норильском пром. р-не, причём содержание Pd в них в 4–5 раз превышает содержание Pt; в мире – в ЮАР, Зимбабве, Канаде, США, Австралии. П. входит также в состав шлиховой платины (Вост. Сибирь). См. также [Платиновые руды](#).

Элемент открыт в 1803 У. Х. [Волластоном](#) при исследовании самородной платины и назван в честь открытия астероида Паллады.

Конфигурация внешней электронной оболочки атома П.  $4d^{10}$ ; степени окисления от +1 до +6 (наиболее устойчива +2); электроотрицательность по Полингу 2,2; атомный радиус 140 пм; ионный радиус для Pd(II) 78 пм и 100 пм (координац. число 4 и 6), для Pd(III) 90 пм (координац. число 6). При нормальных условиях П. – серебристо-белый металл; кристаллич. решётка гранецентриров. кубическая;  $t_{\text{пл}}$  1554 °С (самая низкая по сравнению с др. платиновыми металлами),  $t_{\text{кип}}$  2940 °С, плотность 12020 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность 75,3 Вт/(м·К), коэф. термич. расширения  $1,17 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  (при темп-ре 0–100 °С), удельное электрич. сопротивление  $10,810^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ; парамагнитен, удельная магнитная восприимчивость  $6,7 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$ .

П. – пластичный металл, легко поддаётся ковке, штамповке, прокатке, протяжке, хорошо полируется и сваривается. Из него удаётся получать тончайшие листы и тонкую проволоку. П. упрочняется при холодном деформировании, но становится мягче после отжига. Для отожжённого П. модуль упругости 117 ГПа, относит. удлинение 25–40%; твёрдость по Виккерсу 37–39.

П. обладает наиболее высокой химич. активностью по сравнению с др. металлами платиновой группы: растворяется при нагревании в концентрир. азотной кислоте и концентрир. серной кислоте, в царской водке. Окисляется на воздухе с образованием тусклой плёнки PdO. Может быть переведён в раствор действием хлора на суспензию металлч. порошка в разбавленной соляной кислоте либо путём анодного растворения постоянным током в соляной кислоте. С кислородом П. образует оксид PdO (порошок чёрного цвета, устойчив до темп-ры 800–850 °С, выше которой разлагается до металла) и диоксид PdO<sub>2</sub> (порошок тёмно-красного цвета,

сильный окислитель). П. обладает способностью обратимо поглощать водород: при комнатной темп-ре один объём Pd поглощает св. 800 объёмов  $H_2$ .

П. непосредственно реагирует при темп-ре красного каления с фтором, хлором, бромом и иодом с образованием соединений состава  $PdX_2$  (X – галоген, кроме фтора); при взаимодействии с фтором образуется трифторид  $PdF_3$ . Галогениды П. – коричневые ( $PdI_2$  – чёрный) кристаллич. порошки. Наиболее изучен дихлорид  $PdCl_2$ . Его получают обычно растворением Pd в царской водке с последующим многократным упариванием образующегося раствора тетрахлолопалладиевой кислоты  $H_2[PdCl_4]$ , которая существует только в растворе.  $PdCl_2$  – неорганич. полимер, образованный мостиковыми атомами хлора. Раствор  $PdCl_2$  в спирте является очень чувствительным реактивом на CO, т. к. образует с ним карбонилхлорид состава  $PdCOCl_2$ . Будучи халькофильным элементом, Pd образует многочисл. соединения с серой, селеном и теллуром (напр., с серой – моносulfид  $PdS$  и дисulfид  $PdS_2$  – практически нерастворимые в воде порошки коричнево-чёрного цвета, а также  $PdSe$ ,  $PdSe_2$ ,  $PdTe_2$ ).

П. образует многочисл. комплексные соединения, а также [палладийорганические соединения](#). Наиболее изученными и распространёнными являются комплексные хлориды состава  $M_2[PdCl_4]$  (M – Na, K,  $NH_4^+$ , Rb, Cs), комплексные катионы, напр.  $[Pd(NH_3)_4]^{2+}$ , органич. катионы. В водных растворах комплексы П. гидролизуются. При нитровании хлоридных комплексов образуются нитрокомплексы состава  $[Pd(NO_2)_4]^{2-}$ . Сульфаты  $PdSO_4$  и  $PdSO_4 \cdot 2H_2O$  – типичные координац. соединения, отличающиеся способами координации группы  $SO_4$  к центр. атому. При использовании в качестве лигандов фосфинов, арсинов, изонитрилов и др. стабилизируется состояние Pd(0) и Pd(I), для которых также описаны многочисл. комплексные соединения.

Получают П. в процессе [аффинажа](#) платиновых концентратов, заключит. стадией которого выступает термич. разложение транс-изомера  $[Pd(NH_3)_2Cl_2]$ . В свою очередь, платиновые концентраты получают из шламов электролиза никеля и меди. Годовое произ-во П. в 2010 составило 199,4 т.

Гл. производителем П. в мире является Россия, определяющая также конъюнктуру рынка этого металла. Осн. области применения П. – катализ (палладиевые катализаторы применяются в химич. и нефтехимич. пром-сти, в автомобильном транспорте для очистки выхлопных газов), электроника, электротехника, а также медицина (в частности, широко используются стоматологич. палладийсодержащие сплавы). Перспективная область применения П. – ювелирная пром-сть.

## Литература

Лит.: Ливингстон С. Химия рутения, родия, палладия, осмия, иридия, платины. М., 1978; Аналитическая химия металлов платиновой группы / Под ред. Ю. А. Золотова. 2-е изд. М., 2005; Котляр Ю. С., Меретуков М. А., Стрижко Л. С. Металлургия благородных металлов. М., 2005. Т. 1–2.