

Обзор цен и применений металлов платиновой группы¹.

Д. С. Негру (J. S. Negru), горный инженер, Нью-Йорк.

Перевел с французского П. Ф. Антипин.

ТАБЛИЦА 1.

Средние годовые цены платиновых металлов в долларах за грамм.

Год	Платина	Палладий	Осмистый иридий	Иридий	Осмий	Родий	Рутений
1913	1,45						
1914	1,46	1,42	2,03	2,04	—	—	—
1915	1,53	1,81	1,42	1,90	—	—	—
1916	2,70	2,17	1,35	2,41	—	—	—
1917	3,32	3,55	3,18	3,38	—	—	—
1918	3,42	4,37	3,50	3,79	—	—	—
1919	3,69	4,20	2,62	5,43	—	—	—
1920	3,60	3,49	3,25	4,98	2,16	3,42	2,94
1921	2,43	1,91	3,66	6,60	2,64	2,84	0,90
1922	3,16	1,94	3,62	5,08	2,65	4,73	1,55
1923	3,76	2,49	4,13	5,55	3,25	3,47	1,43
1924	3,83	2,68	3,91	4,96	3,59	2,94	1,68
1925	3,84	2,52	4,46	8,07	3,72	2,22	2,02
1926	3,66	1,80	3,46	4,03	3,46	родий и рутений 1,79	
1927	2,74						

Применения платиновых металлов.

Отрасли промышленности, потребляющие платиновые металлы, могут быть подразделены на следующие 5 групп: промышленность химическая, электротехническая, зубоврачебное

¹ Revue Universelle des Mines, 7 ser., XX, pp. 157—169, 281—288, 1928.
Печатается в извлечениях.

дело, ювелирное дело и различное более мелкое потребление. Точных данных касательно потребления различными странами платиновых металлов не имеется, за исключением Соединенных Штатов, публикующих в течение нескольких последних лет данные потребления по различным указанным выше отраслям промышленности. В виду того, что Соединенные Штаты ежегодно потребляют около 80% мировой продукции рассматриваемых металлов, представляется возможным допустить подобное относительное распределение по различным отраслям и в других странах.

Применение платины.

Таблица 2 указывает потребление платины в Соединенных Штатах за годы 1918—1927 в килограммах.

Платина в химической технике применяется: а) в виде различных сплавов для аппаратуры лабораторий и химических заводов, б) в форме солей и в) как катализатор.

Чистая платина обладает крайней мягкостью, что делает ее непригодной для изготовления химической аппаратуры. Для придания металлу твердости в прежнее время прибегали, главным образом, к прибавке иридия в количествах 1—20%, иногда доводили таковую до 30%. Кроме сплавов платины с иридием, для указанных целей применяют сплавы с содержанием 3—5% родия и 5% тантала. Можно указать на нижеследующую аппаратуру, изготовляемую из платины: перегонные аппараты, калориметрические бомбы (внутренние обкладки), тигли, крышки, различные мундштуки, ложки, электроды для химического анализа и электрохимических заводов, проволока и ленты для электросопротивлений, фильтры, посуда, металлическая сетка, муфели, пинцеты, пластинки, гири для весов, шпатели, перфорированная жесть, треугольники, трубы, сосуды для выпаривания и осаждения.

Платина образует чрезвычайно многочисленные соли, имеющие, однако, ограниченное техническое применение, именно в следующих областях: химический анализ, фармакология, фотография. Можно предполагать, что находящееся ныне в зачаточном состоянии электролитическое платинирование получит значительное распространение, для чего потребуются большое количество платиновых солей при составлении электролита.

ТАБЛИЦА 2.

Год	Область применения	Платина	Палладий	Иридий	Осний, родий, тений	Сумма	% от суммы
1918	Химическая	1412,10	25,90	22,30	—	1460,30	40,8
	Электротехническая	777,20	18,50	96,70	—	892,40	24,9
	Зубоврачебная	356,60	229,30	13,00	—	598,90	16,7
	Ювелирная	421,30	1,30	22,40	—	445,00	12,4
	Прочее	169,10	6,60	10,60	—	186,30	5,2
	Сумма	3136,30	281,60	165,00	—	3582,90	100,0
1919	Химическая	334,70	2,00	1,30	—	338,00	7,0
	Электротехническая	742,80	39,90	109,90	—	892,60	18,6
	Зубоврачебная	343,70	320,80	5,70	—	670,20	13,9
	Ювелирная	2563,40	45,40	97,80	—	2706,60	56,2
	Прочее	174,30	13,80	18,50	—	206,60	4,3
	Сумма	4158,90	421,90	283,20	—	4814,00	100,0
1922	Химическая	274,80	41,20	5,40	8,40	302,80	5,8
	Электротехническая	777,40	85,10	47,80	—	910,30	16,0
	Зубоврачебная	362,50	172,20	2,60	—	537,30	9,4
	Ювелирная	3376,30	306,50	80,50	37,00	3800,30	66,9
	Прочее	88,30	19,80	33,10	—	141,20	2,4
	Сумма	4879,30	597,80	169,40	45,40	5691,90	100,0
1925	Химическая	390,70	11,90	2,20	21,30	426,10	7,8
	Электротехническая	586,30	98,20	49,10	3,50	731,10	13,3
	Зубоврачебная	289,10	465,20	3,00	—	757,30	13,8
	Ювелирная	2902,30	340,60	88,40	70,90	3402,20	62,0
	Прочее	104,40	16,20	6,80	44,00	171,40	3,1
	Сумма	4272,80	932,10	149,50	139,70	5494,10	100,0
1926	Химическая	319,00	6,60	4,50	9,00	339,10	6,3
	Электротехническая	521,60	109,10	50,00	5,80	686,50	12,9
	Зубоврачебная	265,70	344,20	4,10	—	614,00	11,5
	Ювелирная	2672,60	241,70	91,70	14,10	3020,10	56,5
	Прочее	540,70	67,90	18,10	54,50	681,20	12,8
	Сумма	4319,60	769,50	168,40	83,40	5340,90	100,0
1927	Химическая	342,50	5,60	3,10	5,40	356,60	7,7
	Электротехническая	463,70	77,50	50,30	3,80	595,30	12,8
	Зубоврачебная	283,50	379,40	4,80	—	617,70	13,2
	Ювелирная	2676,60	115,30	126,30	10,20	2928,40	62,9
	Прочее	98,80	9,70	9,50	40,80	158,80	3,4
	Сумма	3815,10	587,50	194,00	60,20	4656,80	100,0

Платина является замечательным катализатором, особенно при проведении реакции восстановления (гидрогенизации) и окисления. Можно указать на следующие применения платины в качестве катализатора:

1) процессы восстановления: ацетилен в этан, аллиловый спирт в пропан, альдегид в алкоголь и этоксимеркаптан, аминокфенолы в циклические аминокалкоголи, кетоны в гидроксиды и этоксимеркаптаны, ароматические соединения в декагидронафталин, фурфурол в фурил и тетрагидрофурил, растительные масла в твердые жиры, нафталин в тетра- и декагидронафталин;

2) процессы окисления: аммиак в азотную кислоту, диоксид серы в серный ангидрид.

В электротехнической промышленности, как правило, платина применяется в виде сплавов. В таблице 3 указано % содержание различных компонентов для некоторых таких сплавов.

ТАБЛИЦА 3.

Платина	Золото	Серебро	Прочее	Платина	Золото	Серебро	Прочее
95,0	—	—	Ir = 5,0	33,0	67,0	—	—
95,0	—	—	Ta = 5,0	25,0	—	70,0	Ni = 5,0
93,0	—	—	Mo = 7,0	20,0	—	—	Cr = 40,0
90,0	—	—	Ir = 10,0				Ni = 25,0
90,0	—	—	Rh = 10,0				Cu = 15,0
84,0	12,3	1,8	Pd = 1,3	7,5	67,5	25,0	—
80,0	—	—	Ir = 20,0	5,0	70,0	25,0	—
80,0	—	—	Rh = 20,0	3,0	77,0	20,0	—
45,0	15,0	25,0	Cu = 15,0				

Можно указать на следующий список деталей электроаппаратов, где поименованные выше сплавы имеют применение: иглы для выжигания, приборы для электрических измерений, термоэлементы, электроды (катоды и антикатоды для трубок Х-лучей), контактные проволоки в лампах накаливания, проволока и ленты для сопротивлений, магнето (аэропланы, автомо-

били, двигатели внутреннего сгорания), контактные точки (телеграфия, телефония), наконечники громоотводов. Необходимо отметить, что в последнее время наблюдается стремление к замене дорогих платиновых металлов более дешевым, и во многих случаях эта замена дала весьма удовлетворительные результаты.

Применение платины в зубоврачебном деле началось с 1820 года; однако, платиновые сплавы мало-по-малу стали заменять сплавами палладия или других металлов, не содержащими даже в самых ничтожных количествах металлов платиновой группы. Все же существует до настоящего времени значительное количество платиновых сплавов, имеющих достаточное распространение для изготовления частей искусственных зубов и челюстей. Состав различных упомянутых сплавов приведен в таблице 4 (стр. 316), где отдельные компоненты указаны в ‰ соотношениях.

Применение платины в ювелирном деле. Эта отрасль является наиболее крупным потребителем платины, особенно с 1919 года, как это можно видеть из таблицы 2.

В таблице 5 (стр. 317) даны составы платиновых сплавов, применяемых в ювелирном деле в ‰ содержании компонентов. Из таблицы видно, что большая часть изделий из „платины“ содержит относительно малые количества платины или платиновых металлов. Дабы воспрепятствовать возможной фальсификации платины в ювелирных изделиях, на последних помещают пробу, означающую ‰ содержание платины в данном изделии.

Прочие, кроме упомянутых, применения платины. Здесь можно указать на следующие предметы, изготавливаемые из платиновых металлов: иглы (для точных инструментов, для фонографов), зажигатели, колокольчики особого звона, струны для музыкальных инструментов, диафрагмы для репродукции звуков (крайне тонкие пластинки, толщиной в 30 атомов), маятники для часов и хронометров, проектирующие экраны (радиография), эталоны веса и длины, тонкие проволоки (вес 100 километров — около одного грамма), хирургические и научные инструменты, наконечники писчих перьев, ленты для измерения абсолютного излучения (8 μ толщины, 4 мм ширины, 30 мм длины), экраны для пустотных трубок (прозрачные, как стекло).

В таблице 6 (стр. 318) указаны сплавы, имеющие применение для означенных целей.

ТАБЛИЦА 4.

Pt	Pd	Ir	Au	Ag	Cu	Zn	Прочее
22,82	0,49	0,40	62,80	9,33	4,51	0,09	0,17
20,00	10,00	—	—	—	—	—	Ni = 60,00 V = 10,00
15,95	3,55	—	59,80	8,10	12,70	0,08	—
13,46	10,21	0,15	63,91	4,95	7,13	0,18	—
13,32	19,44	0,48	66,25	0,21	0,22	0,12	—
12,95	5,88	0,24	60,42	10,99	8,82	0,72	Sn = 0,13
12,23	—	0,14	64,90	12,50	10,00	0,03	Sn = 0,10
11,15	5,74	—	64,40	7,20	10,40	1,07	Ni = 0,16
10,80	5,64	0,05	—	—	11,80	1,09	—
10,74	5,72	0,03	65,85	5,92	10,09	1,34	Rh = 0,56
10,62	—	0,14	71,53	7,13	9,88	0,08	Sn = 0,82
10,14	—	—	75,62	—	10,62	1,08	Ni = 2,73
10,13	—	—	67,79	11,66	10,55	—	—
9,32	—	—	90,57	0,09	—	0,02	0,01
8,00	—	—	76,30	5,10	9,80	0,82	—
7,92	—	0,07	72,00	9,80	8,80	0,15	Ni = 0,95
7,80	—	0,03	79,60	4,50	8,00	0,06	—
7,72	—	0,10	69,60	18,40	4,10	—	—
6,96	16,06	1,22	75,58	—	—	0,08	—
6,10	—	0,10	78,00	10,00	5,90	—	—
5,22	7,10	0,20	59,80	13,50	13,60	0,67	—
3,95	—	—	81,80	7,20	7,20	—	—
3,92	—	0,10	67,10	16,80	12,20	—	—
3,75	—	0,10	81,10	11,00	4,00	—	—
3,15	9,75	—	63,60	10,50	11,90	1,68	Ni = 0,22
2,96	2,82	0,08	67,80	16,50	8,90	0,94	—
2,86	2,89	—	68,30	11,10	13,90	0,05	Ni = 0,93
2,06	7,78	0,07	66,34	9,66	12,94	1,19	—

Применение палладия.

В таблице 2 указано потребление палладия в САСШ означенными выше пятью отраслями промышленности, выраженное в кг и ‰ соотношениях за период 1918—1927 гг.

Применение палладия в химической промышленности. Потребляемые здесь, небольшие относительно, количества палладия (как это явствует из таблицы 2) применяются частью в виде сплавов для химической аппаратуры, частью в виде солей для фотографических и фармакологических надобностей или, наконец, в виде металлического катализатора.

Палладий является катализатором, не имеющим себе равных, ибо вследствие своей эффективности он справедливо занимает первое место среди всех известных катализаторов, — это является следствием исключительной способности этого металла поглощать большие количества газов, особенно водорода (около 1000 объемов на единицу собственного объема); последний легко может быть выделен *in statu nascendi*, т. е. в состоянии крайне высокой химической активности.

Применение палладия в промышленности синтетического аммиака — общеизвестно. Нужно заметить, что применение палладия во многих каталитических процессах представляет преимущества по сравнению с платиной.

ТАБЛИЦА 5.

Платина	Иридий	Золото	Прочее	Платина	Иридий	Золото	Прочее
97,0	—	—	Ru = 3,0	55,0	—	—	Cu = 18,00
95,0	5,0	—	—				Ni = 27,00
93,5	5,0	—	Ru = 1,5				Cd = 3,0
90,0	10,0	—	—	40,0	—	—	Cu = 35,00
90,0	5	5,0	—				Ni = 25,00
85,0	—	7,0	Pd = 8,0				—
80,0	—	7,5	Pd = 12,5	40,0	—	60,0	—
63,5	—	—	Cu = 18,25	30,0	—	70,0	—
			Ni = 18,25	10,0	2,0	58,0	Pd = 30,0
			Cd = 2,5	4,5	—	74,0	Pd = 21,5
60,0	—	—	Cu = 19,00				
			Ni = 21,00				
			Cd = 2,5				

Однако, относительно небольшие количества палладия, коими ежегодно можно располагать, препятствуют ныне широкому применению этого металла для целей катализа — в особенности, если принять во внимание, что половина ежегодного потребления падает на нужды зубоврачебной техники. Можно, однако, предвидеть, что в ближайшем будущем промышлен-

ТАБЛИЦА 6.

Pt	Pd	Ir	Au	Ag	Прочее
95,0	—	5,0	—	—	—
90,0	—	10,0	—	—	—
90,0	5,0	5,0	—	—	—
88,0	—	10,0	—	—	Rh = 2,0
85,0	—	15,0	—	—	—
85,0	—	12,0	—	—	Rh = 3,0
85,0	8,0	—	7,0	—	—
84,0	1,3	—	12,3	1,8	—
80,0	12,5	—	7,5	—	—
80,0	5,0	—	15,0	—	—
80,0	—	—	—	—	Rh = 20,0
70,0	—	—	30,0	—	—
62,8	—	—	—	18,0	Ni = 18,0; Cd = 1,2
58,0	—	—	17,0	25,0	—
50,0	—	—	—	38,0	Cu = 12,0
40,0	—	—	—	—	Cu = 35,0; Ni = 25,0
27,0	—	—	73,0	—	—
25,0	—	—	—	—	Fe = 74,0; C = 1,0
20,0	—	—	—	—	Ni = 30,0; W = 30,0
					Cu = 20,0
18,0	—	—	—	9,0	Cu = 45,0; Ni = 9,0
					латунь = 18,0
10,0	—	2,0	—	—	W = 88,0
10,0	30,0	2,0	58,0	—	—
9,5	—	—	—	—	Cu = 58,0; Sn = 28,0
					Zn = 3,5; As = 1,5
8,0	—	2,0	—	—	W = 90,0
5,0	—	—	70,0	25,0	—

ность, основанная на каталитических процессах, станет потреблять значительные количества палладия, каталитические свойства коего еще не превзойдены ни одним из известных катализаторов.

Применение палладия в электротехнической промышленности. В этой области палладий имеет почти те же применения, что и платина. Состав палладиевых сплавов, употребляемых в электротехнике (кроме ранее указанных в таблице 3) приведен в таблице 7.

ТАБЛИЦА 7.

Палладий	Золото	Серебро	Прочее	Палладий	Золото	Серебро	Прочее
90,0	—	—	Rh = 10,0	12,0	88,0	—	—
67,0	33,0	—	—	10,0	90,0	—	—
26,4	73,6	—	—	10,0	45,0	45,0	—
25,0	—	70,0	Co — 5,0	5,6	94,4	—	—
15,0	50,0	35,0	—				

Применение палладия в зубоврачебном деле. Эта отрасль является самым крупным потреблением палладия, как видно из таблицы 2, а именно: в 1927 году зубоврачебная техника израсходовала почти 65% всего количества этого металла.

В таблице 2 уже были приведены составы сплавов, содержащих платину и палладий и применяемых в этом деле; однако, еще большее значение здесь имеют сплавы палладия с золотом, которые пользуются крупным успехом при изготовлении различных деталей искусственных зубов. Таблица 8 (стр. 320) дает представление о составе некоторых из означенных сплавов.

Применение палладия в ювелирном деле. Как видно из таблицы 2, в 1922 году более 50% общего количества палладия было использовано для ювелирных изделий; однако, с этого времени потребление указанного металла для означенных надобностей непрерывно снижается и в 1927 году достигает примерно 20%, ограничиваясь, главным образом, расходом на поделку особо дорогих часов, а также медалей и жетонов.

В таблице 9 указаны составы применяемых для этих целей сплавов (кроме тех, кои указаны ранее в таблицах 5 и 6).

Применение палладия для прочих целей. Из таблицы 2 видно, что потребление этого металла на означенные цели очень невелико. В таблице 9, наряду со сплавами палладия, имеющими применение в ювелирном деле, указаны таковые, потребляемые и на эти надобности.

Следует отметить одно крайне интересное применение означенного металла, именно в вакуум-приборах, основанное на свойстве палладия поглощать ничтожные количества (следы) газов.

ТАБЛИЦА 8.

Палладий	Золото	Серебро	Прочее	Палладий	Золото	Серебро	Прочее
60,0	40,0	—	—	10,0	81,0	19,0	Cu = 40,0
40,0	60,0	—	—	8,0	64,0	18,7	Cu = 9,0
20,0	80,0	—	—				Al = 0,8
12,0	88,0	—	—	5,0	95,0	—	—
10,0	90,0	—	—	5,0	50,0	45,0	—
10,0	45,0	45,0	—				

Применение иридия.

В таблице 2 указаны количества иридия, израсходованные в САСШ за период 1918—1927 гг. в кг и ‰ соотношениях, соответственно пяти указанным выше отраслям промышленности.

Применение иридия в химической промышленности. Из таблицы 2 видно, что химическая промышленность потребляет крайне малые количества иридия и, главным образом, для того, чтобы сделать более твердой платину при изготовлении химической аппаратуры. Для этих целей применяются платино-иридиевые сплавы с содержанием 1—20% иридия и крайне редко это последнее доходит до 30%.

Можно предполагать, что наряду с платиновыми солями повысится в ближайшее время и потребление иридия, именно

в виде солей для гальванопластических ванн, с целью получения платино-иридиевых отложений.

Применение иридия в электротехнической промышленности. Коммерчески „чистая“ платина не обращается на рынке, как платино-иридиевый сплав, и поэтому иридий находится во всех сплавах, указанных в таблице 3. Кроме того, он находится в тех сплавах, для коих указано его ‰ содержание, достигающее 2‰. Количество металла, потребляемое в этой форме, приведено в таблице 2.

ТАБЛИЦА 9.

Палладий	Платина	Золото	Серебро	П р о ч е е
72,0	0,5	1,5	6,5	Rh = 1,0; Cu = 18,5
72,0	0,5	—	7,0	Cu = 18,5; Ni = 2,0
70,0	—	—	4,0	Cu = 25,0; Ni = 1,0
70,0	—	—	—	Cu = 25,0; Fe = 5,0
67,0	1,0	2,5	10,0	Cu = 14,5; Ni = 4,0; Fe = 1,0
65,5	0,5	1,5	7,5	Cu = 20,0; Ni = 3,0; Fe = 2,0
65,0	2,0	2,0	10,0	Cu = 15,0; Ni = 3,0; Fe = 3,0
64,0	—	1,0	5,0	Cu = 25,0; Ni = 5,0
60,0	—	—	—	Cu = 30,0; Fe = 10,0
50,0	3,0	5,0	20,0	Cu = 20,0; Ni = 2,0
45,0	5,0	5,0	20,0	Cu = 20,0; Ni = 5,0
40,0	—	—	15,0	Cu = 40,0; Fe = 5,0
35,0	—	57,0	—	Ni = 8,0
30,0	—	30,0	1,0	Cu = 35,0; W = 4,0
25,0	—	—	70,0	Co = 5,0
25,0	—	—	70,0	Ni = 5,0
21,5	4,5	74,0	—	—
15,0	—	50,0	35,0	—
12,5	—	37,5	23,0	Cu = 27,0
10,0	—	90,0	—	—
10,0	—	45,0	45,0	—
10,0	—	31,0	19,0	Cu = 40,0
6,5	—	80,0	—	Ni = 13,5

Применение иридия в зубо врачебном деле. Здесь иридий потребляется в форме сплавов, состав коих виден из таблицы 4. Согласно таблицы 2, потребление иридия для зубо врачебной техники крайне ограничено.

Ювелирная промышленность расходует более половины всего иридия. И здесь металл применяется в виде сплавов состава, указанного в таблице 9. Кроме того, рыночно „чистая“ платина содержит заметные количества иридия.

Применение в других областях промышленности. Сплавы, содержащие платину и иридий, потребляемые для научных и других целей, отличаются наибольшим содержанием иридия.

Природный осмистый иридий употребляется для изготовления наконечников у писчих перьев.

Применение осмия, родия и рутения.

Эти металлы имеют весьма ограниченное применение. Годовая добыча их в сумме составляет около 300 кг, из коих более половины приходится на осмистый иридий.

В таблице 2 приведено потребление рассматриваемых металлов в САСШ за период 1922—1927 гг. в кг и ‰, соответственно пяти указанным отраслям промышленности.

Применение в химической технике. а) Осмий. Некоторые его соли применяются в бактериологии для свертывания органических жидких суспензий; кроме того, в микроскопической технике и фармакологии. Осмий является хорошим катализатором, и в качестве такового применяется при синтезе аммиака из элементов в процессе Габера-Росиньоля. б) Родий и особенно его окись являются также хорошими катализаторами. Оказывается, что коллоидный родий представляет действительное средство при лечении гриппа (внутривенное всприскивание). в) Рутений. Аммонийные соли рутения обладают крайне интересной окраской (рутениевая красная). Соли этого металла дают хорошие результаты при лечении туберкулеза. Рутений — хороший катализатор, особенно при процессе получения метана из окиси углерода или разложения формальдегида и муравьиной кислоты.

Как видно из таблицы 2, потребление этих металлов в химической промышленности невелико.

Применение в электротехнической промышленности. Несколько кг перечисленных выше металлов, ежегодно расходуемых на означенные нужды, потребляются главным образом в виде следов в не вполне чистых платине и палладии, применяемых в электротехнике в виде сплавов.

Сравнительно в недавнее время лампы накаливания с осмиевой нитью были хорошо известны; однако в настоящее время они совершенно вышли из употребления.

Размер потребления в зубоврачебном деле и область применения на эти цели представляются совершенно неощутимыми.

Применение в ювелирном деле. а) Осмий чрезвычайно легко окисляется с образованием окисла OsO_4 , вредно действующего на глаза. Это обстоятельство крайне ограничивает применение осмия при изготовлении сплавов, несмотря на его свойство придавать платине твердость в более сильной степени, чем это делает иридий. Поэтому в ювелирном деле осмий не имеет применения. б) Родий не применяется при изготовлении ювелирных изделий и находится в них в виде следов, как результат несовершенной очистки применяемых здесь платиновых металлов. в) Рутений находит употребление в некоторых платиновых ювелирных сплавах, и содержание его в таковых достаточно заметно. Кроме того, в ничтожных количествах он присутствует почти во всех платиновых и палладиевых сплавах.

Прочие различные применения. а) Осмий в ограниченном количестве, как выше было указано, применяется в виде осмистого иридия. В качестве лигирующего металла применения совершенно не имеет. б) Родий. Применение его в виде 10% сплава с платиной для термоэлементов Ле-Шателье очень распространено и общеизвестно. В небольших количествах входит в сплавы, из которых изготавливаются наконечники для перьев и которые применяются при изготовлении часов. в) Рутений, придавая платине твердость, в виде подобных сплавов (где он заменяет иридий) применяется для игл фонографов, точных машин, писчих перьев и для изготовления научных инструментов.