

В. А. НЕМИЛОВ и Л. А. ПАНТЕЛЕЙМОНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПАЛЛАДИЙ — СЕРЕБРО — КОБАЛЬТ

До настоящего времени нет литературных данных о диаграмме состояний системы палладий — серебро — кобальт. Все три двойные системы, образующие данную тройную, изучены довольно подробно.

Г. И. Петренко [1], изучив в 1907 г. диаграмму состояний системы серебро — кобальт термическим и микроскопическим методами, сделал заключение, что до 1600° серебро и кобальт нерастворимы один в другом.

Тамман и Эльсен [2], изучая растворимость кобальта в серебре при помощи магнитного метода, нашли, что она составляет от $7 \cdot 10^{-4}$ до $4 \cdot 10^{-4}$ вес.% кобальта.

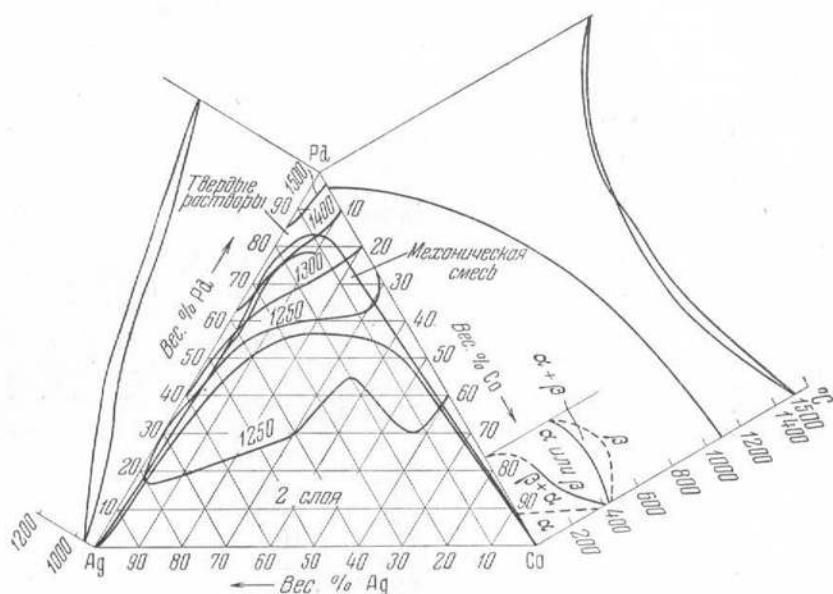
Сплавы системы палладий — кобальт, по данным Грубе и Кестнера [3], изучавших эту систему методами термического анализа и электросопротивления, непосредственно после затвердевания образуют непрерывный ряд твердых растворов с минимумом температуры затвердевания при 1217° и 64,5 вес.% палладия. Непрерывный ход кривых температур Кюри, полученный при исследовании Грубе и Винклера [4], указывает на отсутствие каких-либо превращений у сплавов выше этой температуры. Непрерывная смешиваемость до комнатных температур невозможна, так как кобальт существует в двух аллотропных модификациях, имея температуру превращения одной модификации в другую приблизительно 440 — 467° при нагревании и 402 — 389° при охлаждении.

Температура полиморфного превращения кобальта, как обнаружено Грубе и Кестнером [3] при исследовании кривых электросопротивления, а также Грубе и Винклером [4] при магнитных испытаниях, понижается с прибавлением палладия, и ее не удалось наблюдать при содержании палладия более 16,75 вес.%.

В. А. Немилов [5], исследуя систему палладий — кобальт методами твердости по Бринеллю, микроструктуры, электросопротивления и его температурного коэффициента, по характеру изменения свойств установил, что при высоких температурах палладий с кобальтом образуют непрерывный ряд твердых растворов. Переход кобальта при понижении температуры около 450° из гранецентрированной кубической модификации в гексагональную отражается на свойствах сплавов с содержанием палладия до 25 вес.%.

Различные свойства сплавов системы палладий — серебро изучались многими исследователями. Так, форма кривой плавкости, по исследованию Е. Я. Роде [6] и Руэр [7], указывает на наличие в системе непрерыв-

ногс ряда твердых растворов. Данные об электросопротивлении сплавов системы, полученные В. А. Немиловым с сотрудниками [8], Гейбелем [9] и Свенсоном [10], о теплопроводности, полученные Шульце [11], о температурном коэффициенте электросопротивления, полученные В. А. Немиловым [8] и Гейбелем [9], а также исследования микроструктуры Е. Я. Роде [6] и термоэлектродвижущей силы А. А. Рудницким [8] и Гейбелем [9] подтверждают наличие в системе непрерывного ряда твердых растворов. Сопротивление разрыву, исследованное В. А. Немиловым [8] и Гейбелем [9], также указывает на наличие в системе непрерывного ряда твердых растворов.



Фиг. 1. Диаграммы двойных систем и изотермы поверхности появления твердой фазы системы палладий — серебро — кобальт

Рентгенографическое исследование системы палладий — серебро, проведенное В. Г. Кузнецовым [12], а также другие работы по рентгенографическому исследованию дали результаты, соответствующие результатам исследования системы другими методами.

На фиг. 1 приведены диаграммы состояний двойных систем, составляющих тройную систему палладий — серебро — кобальт.

Настоящее исследование произведено методами термического анализа, микроструктуры, твердости по Бринеллю, электросопротивления и его температурного коэффициента. В качестве исходных материалов для приготовления сплавов применялись: палладий и серебро с содержанием примесей не более 0,01% и кобальт с содержанием углерода не более 0,01%. Все сплавы приготавливались в криптоильной печи под слоем хлористого бария. Анализированы были лишь те сплавы, которые не расслаиваются в жидком состоянии. Производилось определение палладия и серебра. Палладий определялся в виде металла восстановлением муравьиной кислотой, а серебро в виде хлористого серебра. Кобальт определялся по разности.

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

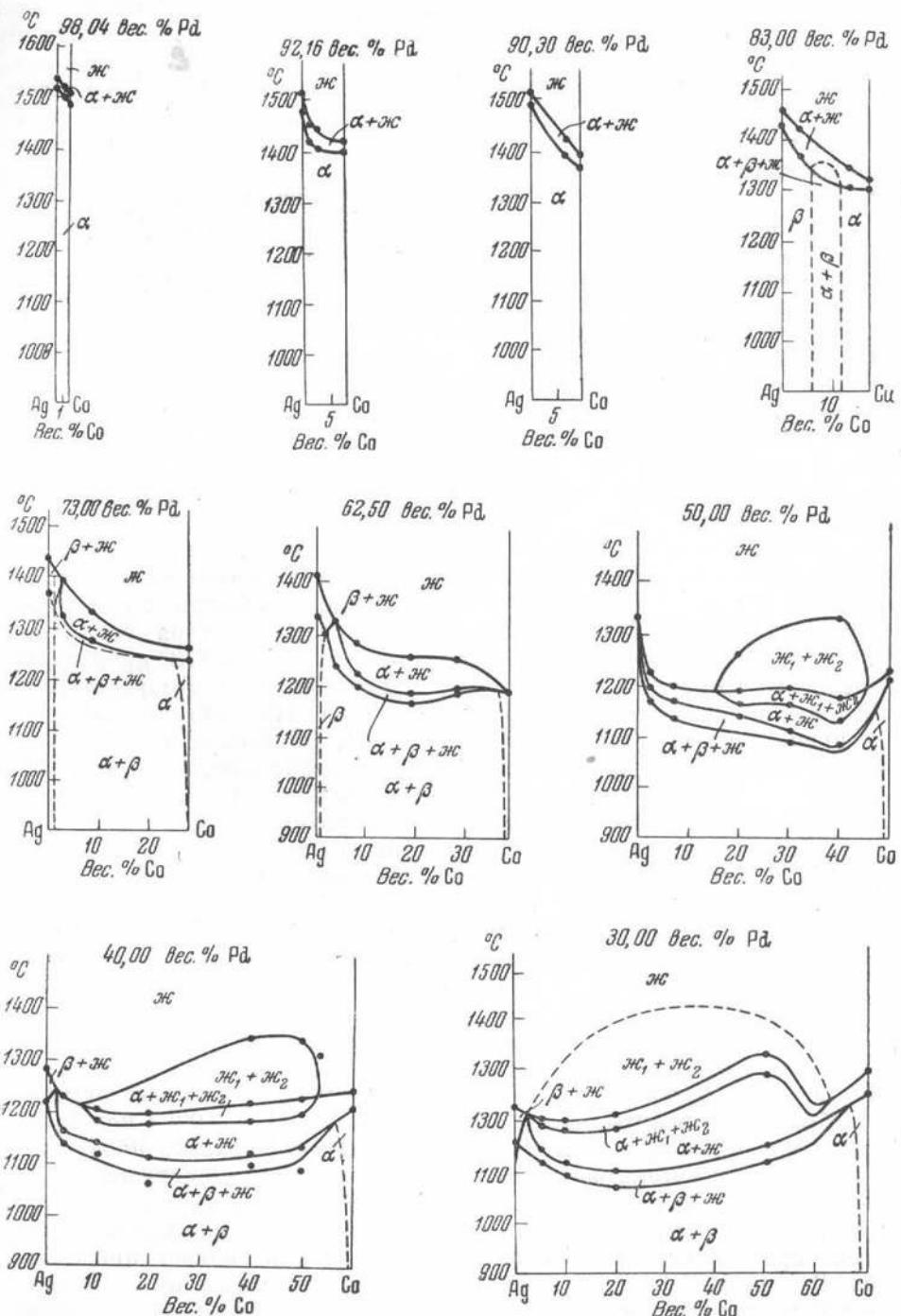
Запись кривых охлаждения производилась при помощи регистрирующего пирометра Н. С. Курнакова и платино-платинородиевой термопары. Результаты термического анализа приведены в табл. 1 и на диаграммах фиг. 2.

Таблица 1

Температуры затвердевания сплавов палладий — серебро — кобальт

Состав сплавов, вес. %			Граница расслаи- вания	Начало затверде- вания	Конец су- ществования двух жидко- стей	Начало выпадения эвтектики	Конец затверде- вания
Pd	Ag	Co					
98,04	0,44	1,52	—	1509	—	—	1474
93,77	4,27	1,96	—	1438	—	—	1409
93,15	5,46	1,39	—	1456	—	—	1417
90,30	2,26	7,44	—	1434	—	—	1393
83,05	3,54	13,41	—	1367	—	—	1311
82,88	14,09	3,03	—	1437	—	—	1373
78,79	11,06	10,15	—	—	—	1354	1293
72,82	19,48	7,70	—	1344	—	1274	—
72,50	25,24	2,26	—	1400	—	1308	—
67,98	13,04	18,98	—	1265	—	1215	—
62,89	10,05	27,06	—	1259	—	1215	—
61,81	30,86	7,33	—	1285	—	1232	1206
62,72	34,28	3,00	—	—	—	1337	1248
62,17	19,45	18,38	—	1259	—	1185	1172
52,76	45,42	2,42	—	1222	—	1202	1175
52,31	40,53	7,16	—	1202	—	1169	1142
50,00	30,00	20,00	1261	1190	1173	1137	—
50,00	20,00	30,00	—	1196	1170	1106	1090
50,00	10,00	40,00	1343	1177	1137	1083	—
42,26	54,94	2,80	—	1230	—	1170	1143
40,00	50,00	10,00	—	1210	1190	1153	1130
40,00	40,00	20,00	—	1197	1180	1116	1066
40,00	20,00	40,00	1350	1224	1184	1137	1110
40,00	10,00	50,00	1356	1234	1197	1137	1093
30,00	65,00	5,00	—	1207	1190	1140	1120
30,00	60,00	10,00	—	1200	1187	1123	1110
30,00	50,00	20,00	—	1210	1183	1103	1062
20,00	75,00	5,00	1291	1224	1194	1110	1066
20,00	10,00	70,00	—	1393	1343	1157	—
10,00	85,00	5,00	—	1290	—	1037	978
10,00	10,00	80,00	—	1450	1403	978	—

Диаграммы состояний двойных систем (наличие в системе палладий — серебро и палладий — кобальт непрерывных рядов твердых растворов, практически полное отсутствие растворимости в твердом состоянии и ограниченная растворимость в жидком состоянии в системе серебро — кобальт) давали возможность предположить ориентировочно строение диаграммы тройной системы. В палладиевом углу диаграммы должна быть расположена область тройных твердых растворов серебра и кобальта в палладии; около стороны серебро — кобальт должна лежать область расслаивания, наличие которой вызывается расслаиванием в двойной системе серебро — кобальт. Между этими двумя областями должна быть расположена область механических смесей с проходящей через нее линией



Фиг. 2. Термические диаграммы разрезов системы палладий — серебро — кобальт с постоянным содержанием палладия

двойной эвтектики, выходящей из серебряного угла диаграммы. Исследование системы различными методами подтвердило изложенные предположения и установило точные границы расположения отдельных областей. Диаграммы, относящиеся к разрезам с постоянным содержанием палладия 98,04; 92,16 и 90,30 вес. %, указывают на наличие в этой части тройной системы непрерывной области твердых растворов. Разрез с постоянным содержанием 83,00 вес. % палладия имеет уже в интервале 3,03—13,41 вес. % кобальта гетерогенную область. Эвтектическую линию этот разрез не пересекает. Разрез с постоянным содержанием палладия 73,00 вес. % в промежутке между 0 и 2,26 вес. % кобальта пересекает эвтектическую линию. Кривая солидус на этом рисунке проведена пунктиром, так как конец кристаллизации двойной эвтектики на кривых охлаждения сплавов получился неясным. Разрез с постоянным содержанием палладия 62,50 вес. % по характеру аналогичен предыдущему с 73,00 вес. %. Эвтектическая линия пересекает этот разрез у сплава с содержанием 3,00 вес. % кобальта. Температуру окончательного затвердевания у трех сплавов из четырех анализируемых удалось зафиксировать. Разрез с содержанием палладия 50,00 вес. % уже отличается от предыдущего с 62,50 вес. % палладия наличием области ограниченной растворимости в жидким состоянии.

Чтобы проследить процесс застывания сплавов в области расслаивания в жидким состоянии, возьмем сплав следующего состава: палладия 50 вес. %, серебра 30 вес. % и кобальта 20 вес. %. При понижении температуры до 1261° однородный жидккий сплав распадается на два слоя, состав которых меняется до 1190°. В интервале температур 1190—1173° происходит выделение из одного из жидких слоев кристаллов твердого раствора и увеличение количества жидкости другого слоя. Начиная с 1173 и до 1137° происходит увеличение количества твердого раствора. При 1137° начинается, а при 1110° заканчивается кристаллизация двойной эвтектики. Диаграммы состояний разрезов с содержанием 40 и 30 вес. % палладия аналогичны по своему характеру диаграмме состояния разреза с 50 вес. %.

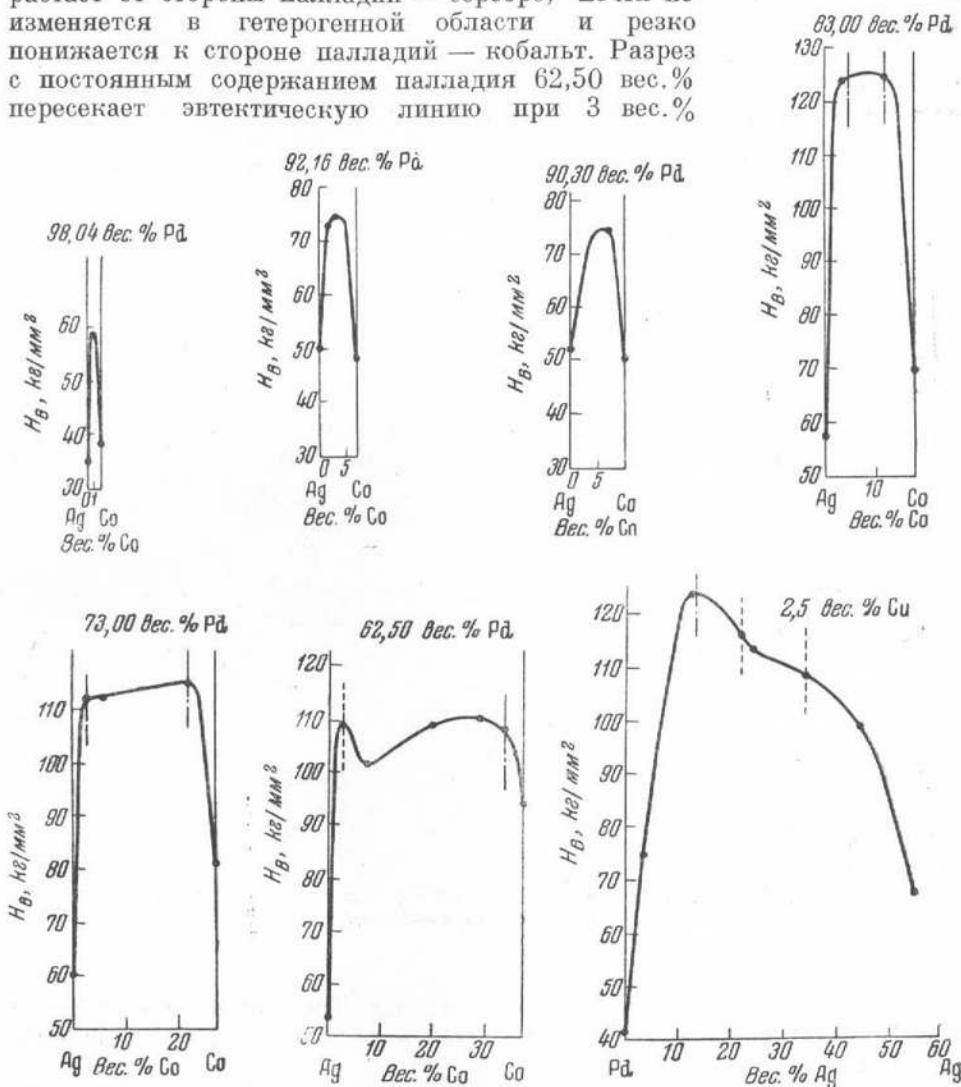
Температуры поверхности ликвидус фиг. 1, вследствие наличия минимума у двойных твердых растворов палладий — кобальт и довольно резкого снижения температуры плавления в системе палладий — серебро, поникаются от палладиевого угла к средней части диаграммы и вновь повышаются по направлению к кобальтовому углу тройной диаграммы.

ТВЕРДОСТЬ

После надлежащей обработки напильником и наждачной бумагой сплавы были подвергнуты отжигу в вакууме при 1000—1100° с последующим медленным охлаждением. Измерение твердости сплавов производилось при помощи автоматического пресса Бринелля при нагрузке 250 кг стальным шариком диаметром 10 мм и продолжительности действия нагрузки 30 сек. Твердость сплавов, расслаивающихся в жидким состоянии, не определялась. Данные измерения твердости сплавов приведены в табл. 2 и на фиг. 3. Твердость двойных сплавов палладий — кобальт [5], необходимая при построении разрезов тройной системы, а также твердость палладиево-серебряных сплавов [8] взята из исследования В. А. Немилова с сотрудниками.

Твердость сплавов разреза тройной диаграммы с постоянным содержанием 98,04; 92,16 и 90,30 вес. % палладия сильно возрастает от палладиево-серебряной стороны, проходит через максимум и понижается к пал-

ладиево-кобальтовой стороне. Вид кривых имеет тот же характер, как и в двойных системах при образовании непрерывного ряда твердых растворов. Разрезы с постоянным содержанием палладия 83 и 73 вес. % уже захватывают гетерогенную область. Твердость здесь также сильно возрастает от стороны палладий — серебро, почти не изменяется в гетерогенной области и резко понижается к стороне палладий — кобальт. Разрез с постоянным содержанием палладия 62,50 вес. % пересекает эвтектическую линию при 3 вес. %

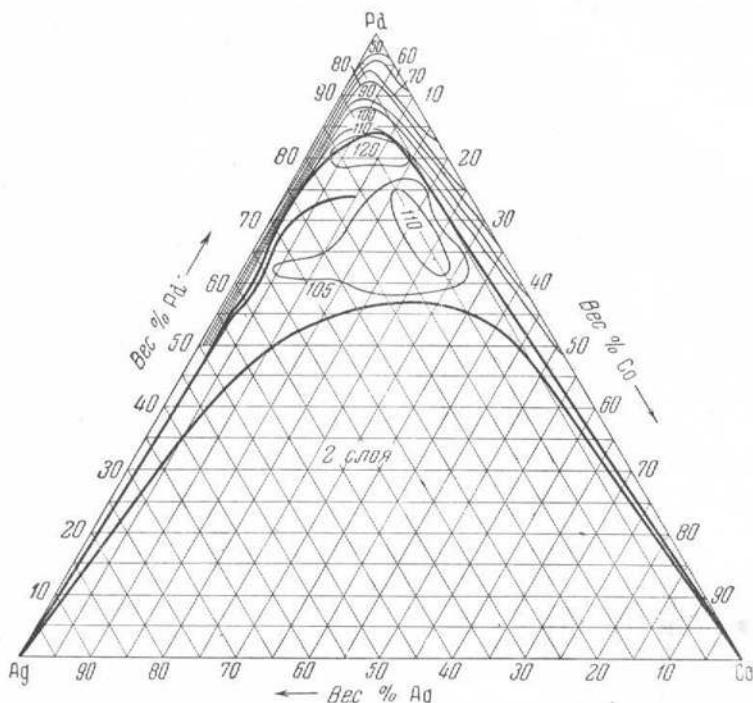


Фиг. 3. Диаграммы твердости по Бринеллю разрезов системы палладий — серебро — кобальт с постоянным содержанием палладия

— — — — граница гетерогенности; — — — пересечение разреза с эвтектической линией

кобальта. Кривая твердости попрежнему сильно возрастает от прибавления кобальта, криволинейно изменяется в гетерогенной области и падает к стороне палладий — кобальт. У эвтектического сплава, содержащего 3 вес. % кобальта, наблюдается пересечение двух ветвей кривой твердости. Диаграмма твердости для разреза, параллельного стороне палладий — серебро, с постоянным содержанием

2,5 вес. % кобальта показывает очень резкое возрастание твердости в гомогенной области и ее изменение по кривой в гетерогенной. Ясно выраженного пересечения ветвей кривой твердости в точках, соответствующих пересечению разреза с линией эвтектики, здесь не наблюдается, вероятно, потому, что в этом случае разрез, пересекая эвтектическую линию, проходит близко от нее, а разрез с постоянным содержанием 62,50 вес.% палладия после пересечения эвтектической линии быстро удаляется от нее. Кривые одинаковой твердости (фиг. 4) и кривые твердости разрезов (фиг. 3) показывают:



Фиг. 4. Линии одинаковой твердости для сплавов системы палладий — серебро — кобальт

1. Твердость как палладиево-кобальтовых (богатых палладием), так и особенно палладиево-серебряных сплавов сильно возрастает при добавлении третьего компонента.

2. Наиболее сильное возрастание твердости происходит в области тройных твердых растворов. Изменение твердости сплавов в гетерогенной области происходит не так резко.

3. Полученные нами кривые твердости разрезов в области тройных твердых растворов имеют тот же характер, что и в двойных системах при образовании непрерывного ряда твердых растворов.

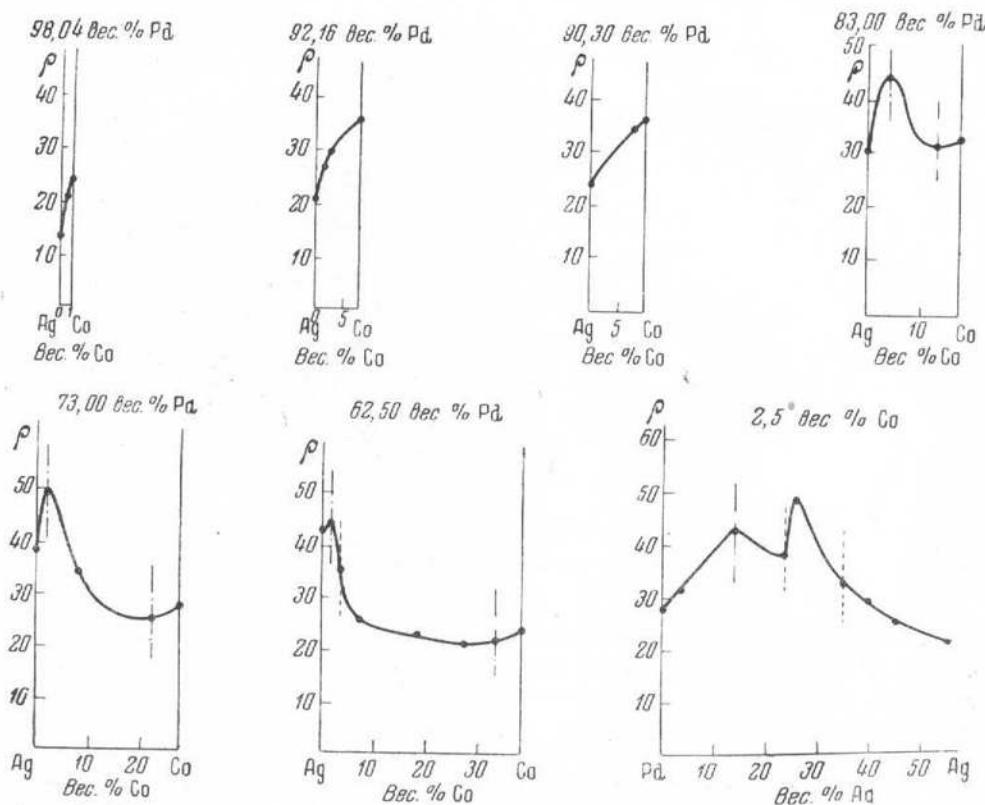
В других исследованиях тройных систем твердость в разрезах в области непрерывного ряда твердых растворов изменяется иногда аналогично изменению твердости в двойных системах [8], иногда по кривым с пологим минимумом [13—15].

4. В точках пересечения разрезов с линиями двойных эвтектик наблюдалось пересечение двух ветвей кривых твердости. Точки перехода от

гомогенной области к гетерогенной на кривых твердости также отличаются пересечением ветвей кривых. Аналогичное пересечение ветвей кривых твердости при переходе через эвтектическую линию и при переходе от гомогенной области к гетерогенной наблюдалось ранее в системах медь — никель — хром [16], палладий — никель — хром [15], олово — свинец — кадмий [17] и других.

ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ И ЕГО ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ

Образцы для изучения электросопротивления и его температурного коэффициента приготавливались из однофазных сплавов посредством прокатки на ручном прокатном станке и протяжки через волочильные глазки,

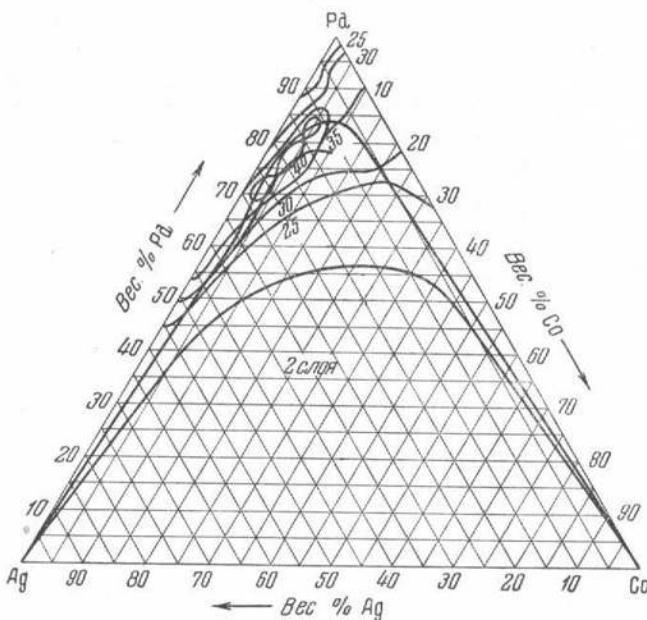


Фиг. 5. Диаграммы удельного электросопротивления разрезов системы палладий — серебро — кобальт с постоянным содержанием палладия

— · · · — граница гетерогенности, — — — пересечение разреза с эвтектической линией

а из гетерогенных сплавов — посредством насасывания в фарфоровые трубочки. Полученные образцы запаивались в фарфоровые трубочки, отжигались при 900—1000° в течение двух суток и затем охлаждались в течение 12—14 час. до комнатной температуры. После отжига образцы сплавов, богатые палладием и серебром, не имели следов окисления, образцы с большим содержанием кобальта окислялись лишь в незначительной степени. Образовавшийся тонкий слой окислов легко удалялся с поверхности тонкозернистой наждачной бумагой.

Измерения электросопротивления производились при 25 и 100° при помощи потенциометра. Данные измерения удельного электросопротивления и его температурного коэффициента приведены в табл. 2 и на фиг. 5. Необходимые для построения разрезов тройной системы значения электросопротивления и его температурного коэффициента двойных сплавов палладий — кобальт и палладий — серебро взяты из работ В. А. Немилова с сотрудниками [5,8].



Фиг. 6. Линии одинакового удельного электросопротивления для сплавов системы палладий — серебро — кобальт

Электросопротивление в сплавах с постоянным содержанием палладия 98,04; 92,16 и 90,30 вес.% палладия круто изменяется, возрастаая от палладиево-серебряной стороны к палладиево-кобальтовой. Электросопротивление разреза с содержанием палладия 83,00 и 73,00 вес. % также увеличивается от палладиево-серебряной стороны, затем резко падает по кривой линии в гетерогенной области и вновь медленно повышается к стороне палладий — кобальт. Точки перехода от гомогенной области к гетерогенной ясно отмечаются пересечением ветвей кривой.

Кривая электросопротивления разреза с 62,50 вес.% палладия по своему характеру аналогична предыдущим с 83,00 и 73,00 вес. % палладия. Границы гетерогенности здесь также ясно выражены изломами кривой. Точка пересечения кривой электросопротивления с эвтектической линией изломом кривой в этом случае не отличается.

Разрез с постоянным содержанием 2,5 вес.% кобальта показывает ясно выраженный излом при пересечении кривой электросопротивления как с границей гомогенности, так и с эвтектической линией.

Формы кривых одинакового электросопротивления (фиг. 6), хотя и иные, чем у твердости, но также показывают, что у сплавов палладия с серебром при добавлении кобальта электросопротивление увеличивается

в области твердых растворов и затем довольно плавно понижается в гетерогенной области.

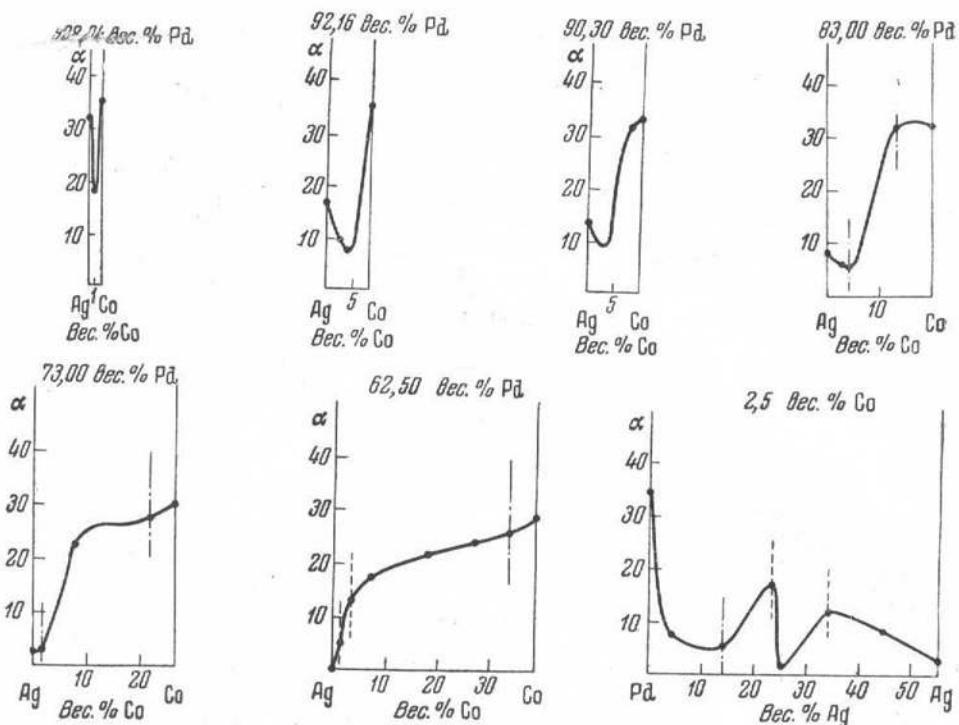
Результаты вычисления температурного коэффициента электросопротивления в интервале 25—100° приведены в табл. 2 и на фиг. 7.

Таблица 2
Свойства сплавов палладий — серебро — кобальт

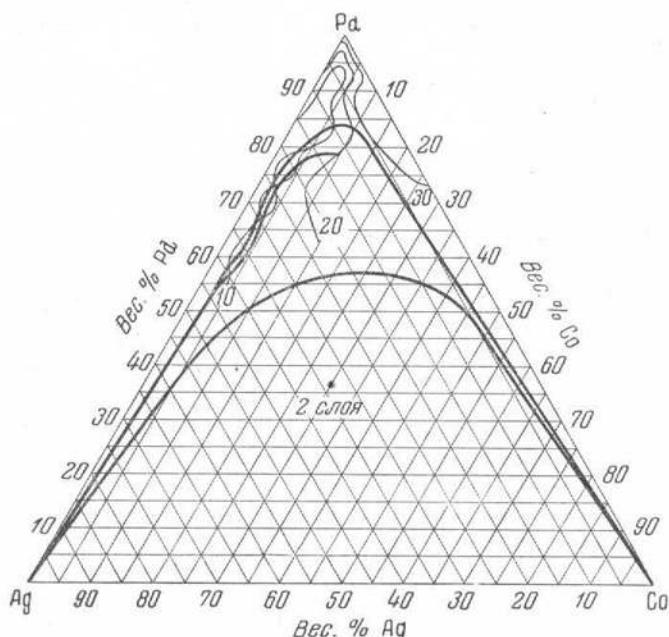
Pd	Ag	Co	Твердость по Бринеллю, H_B кг/мм ²	Удельное электросопротивление ρ , мкм·см		Температурный коэффициент электросопротивления $\alpha_{25-100} \cdot 10^4$
				25°	100°	
98,04	0,44	1,52	57,9	19,44	21,91	17,69
93,77	4,27	1,96	75,0	30,72	32,41	7,46
93,15	5,46	1,39	72,8	26,53	28,41	9,68
90,30	2,26	7,44	75,7	33,30	40,86	32,74
83,50	12,56	3,94	—	44,35	46,07	5,24
83,05	3,54	13,41	123,2	31,23	38,29	32,59
82,88	14,09	3,03	123,2	43,19	45,07	5,89
78,79	11,06	10,15	124,0	35,78	43,52	31,08
74,28	23,46	2,26	117,6	38,16	43,48	18,48
73,49	4,78	22,03	114,8	24,55	29,43	28,38
72,82	19,48	7,70	114,3	33,50	39,10	23,60
72,50	25,24	2,26	113,4	48,49	50,00	4,20
70,57	28,16	1,27	68,7	40,94	42,20	4,25
67,98	13,04	18,98	110,1	23,56	29,20	34,69
62,89	10,05	27,06	110,1	20,97	24,54	24,06
62,72	34,28	3,00	109,0	33,94	37,05	12,74
62,24	36,62	1,14	60,5	44,34	45,77	4,35
62,19	4,63	33,18	109,4	21,41	25,30	25,79
62,17	19,45	18,38	108,3	22,08	25,58	22,31
61,81	30,86	7,33	101,9	25,49	28,72	17,64
52,76	45,12	2,12	99,7	27,44	29,32	9,35
52,31	40,53	7,16	82,0	21,59	23,40	11,50
51,56	47,03	1,41	54,5	33,68	34,55	3,47
42,26	54,94	2,80	67,9	21,02	21,73	4,56
41,40	57,22	1,38	66,8	21,55	22,23	4,25

Температурный коэффициент электросопротивления в разрезах с постоянным содержанием палладия 98,04; 92,16 и 90,30 вес. % выражен кривыми с минимумом. Разрезы с 83 и 73 вес. % палладия показывают небольшое уменьшение температурного коэффициента электросопротивления от стороны палладий — серебро до границы гомогенной области и затем его резкое увеличение по кривой линии в гетерогенной области. Границы гомогенной и гетерогенной областей здесь резко отмечаются. Разрез с содержанием 62,50 вес. % палладия пересекает эвтектическую линию, но характер этого пересечения, так же как у кривой электросопротивления этого же разреза, выражен не ясно. Изменение температурного коэффициента электросопротивления в гетерогенной области, так же как и у предыдущих разрезов с 83,00 и 73,00 вес. % палладия, идет по кривой линии. На разрезе с постоянным содержанием кобальта 2,5 вес. % как точка перехода от гомогенной области к гетерогенной, так и точки пересечения разреза с линией двойной эвтектики имеют по две ясно выраженные ветви.

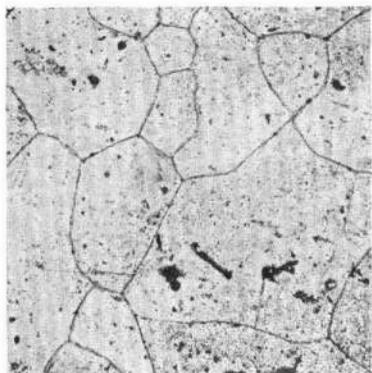
Кривые одинакового температурного коэффициента электросопротивления (фиг. 8) показывают, что его возрастание от стороны палладий — серебро к стороне палладий — кобальт по мере удаления от палладиевого угла к центру диаграммы идет медленнее.



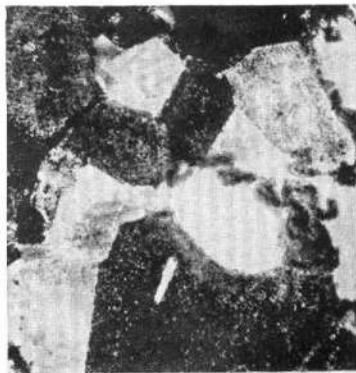
Фиг. 7. Диаграммы температурного коэффициента электросопротивления разрезов системы палладий — серебро — кобальт с постоянным содержанием палладия
— · · · — граница гетерогенности; — — — пересечение разреза с эвтектической линией



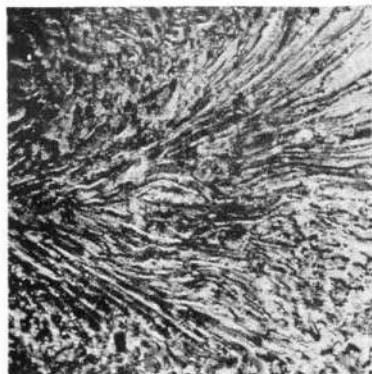
Фиг. 8. Линии одинакового температурного коэффициента электросопротивления для сплавов системы палладий — серебро — кобальт



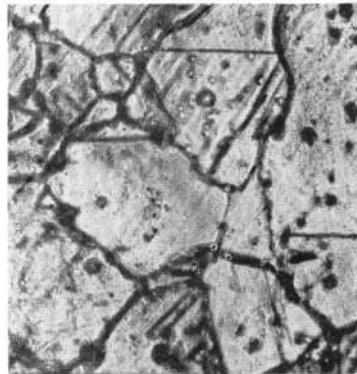
Фиг. 9. 82,88% Pd; 14,09% Ag; 3,03% Co; $\times 50$



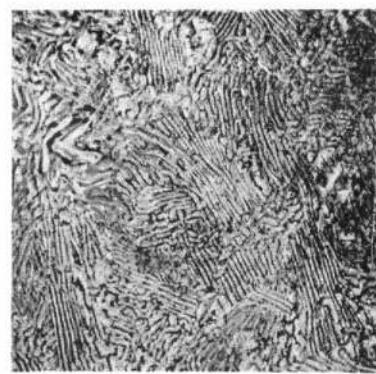
Фиг. 10. 83,05% Pd; 3,54% Ag; 13,41% Co; $\times 50$



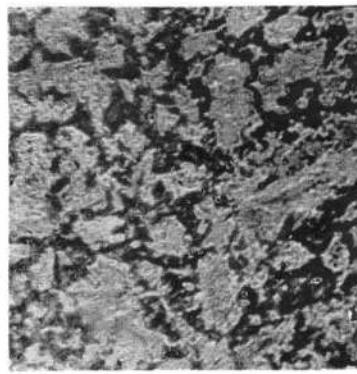
Фиг. 11. 78,79% Pd; 11,06% Ag; 10,45% Co; $\times 500$



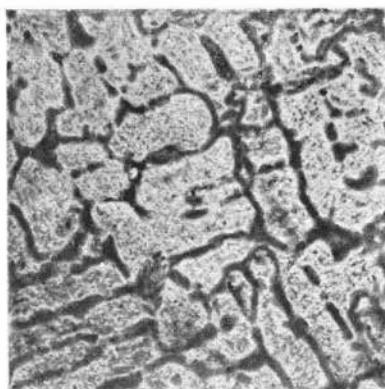
Фиг. 12. 62,24% Pd; 36,62% Ag; 1,14% Co; $\times 200$



Фиг. 13. 62,72% Pd; 34,28% Ag; 3,00% Co; $\times 500$



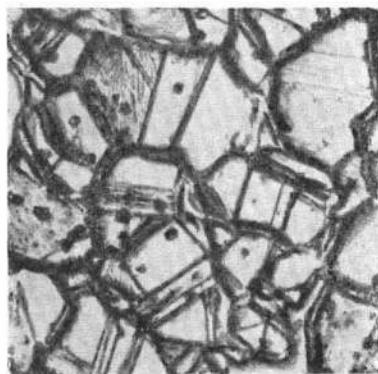
Фиг. 14. 61,81% Pd; 30,86% Ag; 7,33% Co; $\times 200$



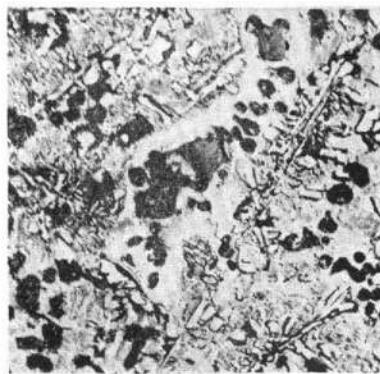
Фиг. 15. 62,19% Pd; 4,63% Ag; 33,18% Co; $\times 200$



Фиг. 16. 50% Pd; 20% Ag; 30% Co; $\times 2,5$



Фиг. 17. 41,40% Pd; 57,22% Ag; 1,38% Co; $\times 200$



Фиг. 18. 42,26% Pd; 54,94% Ag; 2,80% Co; $\times 200$



Фиг. 19. 40% Pd; 50% Ag; 10% Co; $\times 2,5$



Фиг. 20. 40% Pd; 10% Ag; 50% Co; $\times 2,5$

МИКРОСТРУКТУРА

У сплавов после определения твердости была изучена микроструктура. Почти все сплавы травились спиртовым раствором брома и только некоторые азотной кислотой.

Сплавы состава 82,88% Pd, 14,09% Ag, 3,03% Co (фиг. 9) и 83,05% Pd, 3,54% Ag, 13,41% Co (фиг. 10) представляют структуру твердых растворов. Фиг. 11 показывает резко выраженную структуру эвтектики сплава состава 78,79% Pd, 11,06% Ag и 10,15% Co. Сплав состава 62,24% Pd, 36,62% Ag и 1,14% Co (фиг. 12) лежит около стороны палладий — серебро и является твердым раствором. Фиг. 13 представляет четко выраженную структуру сплава состава 62,72% Pd, 34,28% Ag и 3,00 Co. У сплавов состава 61,81% Pd, 30,86% Ag, 7,33% Co (фиг. 14) и 62,19% Pd, 4,63% Ag, 33,18% Co (фиг. 15) видны темные выделения эвтектики на сером фоне твердого раствора. Сплав состава 50% Pd, 20% Ag и 30% Co (фиг. 16) находится внутри области расслаивания в жидким состоянии, и на фотографии разреза сплава ясно видны два слоя.

Фиг. 17 показывает структуру твердого раствора сплава состава 41,40% Pd, 57,22% Ag и 1,38% Co. Некоторое утолщение границ зерен кристаллов произошло вследствие их сильного разъединения травителем. У сплава состава 42,26% Pd, 54,94% Ag и 2,80% Co (фиг. 18) видны островки первоначально выделившегося твердого раствора на слегка сером фоне эвтектики. Сплавы состава 40% Pd, 50% Ag, 10% Co (фиг. 19) и 40% Pd, 10% Ag, 50% Co (фиг. 20) имеют по два слоя, так как расслаиваются в жидким состоянии.

Данные микроструктуры, находящиеся в полном соответствии с результатами исследования системы палладий — серебро — кобальт другими методами, дали возможность точно установить границы отдельных областей на диаграмме состояний (фиг. 1).

ВЫВОДЫ

1. Впервые произведено исследование системы палладий — серебро — кобальт методами термического анализа, твердости по Бринеллю, микроструктуры, электросопротивления и его температурного коэффициента.

2. Исследованием установлено, что область расслаивания, наблюдаемая в двойной системе серебро — кобальт, широко распространяется в тройную систему, доходя в центре диаграммы приблизительно до содержания палладия 57 вес.%. В палладиевом углу диаграммы лежит область твердых растворов, спускающаяся к противолежащей стороне диаграммы двумя суживающимися полосами: у стороны палладий — серебро и у стороны палладий — кобальт. Между областью твердых растворов и областью расслаивания лежит гетерогенная область с эвтектической линией, идущей от серебряного угла диаграммы сначала близко к границе твердого раствора и затем удаляющейся к середине гетерогенной области (фиг. 1).

3. Исследование твердости и электросопротивления отдельных разрезов диаграммы показало, что переход от одной структурной области к другой отмечается на кривых свойств пересечением ветвей кривых; переход через эвтектическую линию на кривых твердости также отмечается пересечением ветвей диаграммы. В гетерогенной области механических смесей свойства изменяются по кривым линиям в отличие от двойных систем, где в таких случаях свойства изменяются прямолинейно. Такой характер изменения свойств находится в полном соответствии с выводами,

сделанными В. А. Немиловым и его сотрудниками о характере изменения свойств при образовании механических смесей в тройных системах [15, 16, 17]. Прямолинейное изменение свойств в тройных механических смесях имеет место только при отсутствии твердых растворов и при выражении состава в объемных процентах; во всех остальных случаях в областях механических смесей в тройных системах свойства изменяются по кривым линиям.

4. Исследование системы палладий — серебро — кобальт вновь показало целесообразность одновременного применения различных методов исследования при изучении диаграмм состояний металлических систем.

Пересечение ветвей кривых свойств, указывающее на переход из одной фазовой области в другую, иногда наблюдается на кривых изменения одного свойства, например твердости, и не наблюдается на кривых другого свойства, например электросопротивления, и наоборот. Только сопоставление данных, полученных различными методами, дает возможность составить правильное суждение о характере химического взаимодействия компонентов и расположении фазовых областей в системе.

Поступило в редакцию
20 сентября 1951 г.

Московский Государственный
университет им. М. В. Ломоносова

ЛИТЕРАТУРА

- Г. И. Петренко. Z. f. anorg. u. allg. Chem., 1907, **53**, 212.
- G. Tamman u. W. Oelsner. Z. f. anorg. u. allg. Chem., 1930, **186**, 257.
- G. Grube u. H. Kästner. Z. f. Elektrochemie, 1936, **42**, 156.
- G. Grube u. O. Winkler. Z. f. Elektrochemie, 1935, **41**, 52.
- В. А. Немилов и Л. А. Пантелеимонов. См. наст. выпуск, стр. 202.
- Е. Я. Роде. Изв. Сектора платины ИОНХ АН ССР, 1936, вып. 13, 167.
- R. Rueger. Z. f. anorg. Chem., 1906, **51**, 315.
- В. А. Немилов, А. А. Рудницкий и Т. А. Видусова. Изв. Сектора платины ИОНХ АН ССР, 1947, вып. 20, 225.
- W. Geibel. Z. f. anorg. Chem., 1911, вып. 70, 240.
- B. Swenson. Ann. d. Physik, 1932, **14**, 699.
- F. A. Schulze. Physik. Zs., 1911, **12**, 1028.
- Б. Г. Кузнецов. Изв. Сектора платины ИОНХ АН ССР, 1947, вып. 20, 5.
- В. А. Немилов и Т. А. Видусова. Изв. Сектора платины ИОНХ АН ССР, 1940, **17**, 111.
- В. А. Немилов и А. А. Рудницкий. Изв. Сектора физ.-хим. анализа ИОНХ АН ССР, 1941, XIV, 263.
- В. А. Немилов, Т. А. Видусова и В. К. Никитина. Изв. Сектора платины ИОНХ АН ССР, 1948, вып. 22, 175.
- В. А. Немилов, Т. А. Струнина. Вестн. Моск. ун-та, 1948, **4**, 73.
- В. А. Немилов. Вестн. Моск. ун-та, 1948, **9**, 57.