



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-78-86>
УДК 669.531

Поступила 26.08.2019
Received 26.08.2019

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЫШЕНИЯ СТЕПЕНИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АФФИНИРОВАННОГО ПАЛЛАДИЕВОГО ПОРОШКА ИЗ СБРОСОВЫХ РАСТВОРОВ

*А. С. ХАСАНОВ, АО «Алмалыкский ГМК», г. Алмалык, Республика Узбекистан,
Б. Р. ВОХИДОВ, А. Р. АРИПОВ, А. А. АСРОРОВ, Ф. Г. ПИРНАЗАРОВ, С. Ш. ШАРИПОВ,
Навоийский государственный горный институт, г. Навои, Республика Узбекистан,
Б. М. НЕМЕНЕНОК, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь,
пр. Независимости, 65. E-mail: nemenenok@tut.by*

В статье рассматриваются методы исследования извлечения палладия из сбросовых электролитных растворов с применением царско-водочного растворения. Приведены методы исследования по очистке вредных примесей селективными осаждениями для получения аффинированного палладиевого порошка, определены параметры технологического процесса, обосновано применение новых технологий и оборудования.

Ключевые слова. Палладий, огарок, хлорид аммония, сбросовый электролитный раствор, палладиевый порошок, селективное осаждение, царско-водочное растворение, фильтрация, промывка, прокатка.

Для цитирования. Хасанов, А. С. Исследование повышения степени извлечения аффинированного палладиевого порошка из сбросовых растворов / А. С. Хасанов, Б. Р. Вохидов, А. Р. Арипов, А. А. Асроров, Ф. Г. Пирназаров, С. Ш. Шарипов, Б. М. Немененок // *Литье и металлургия*. 2020. № 1. С. 78–86. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-78-86>.

INVESTIGATION OF INCREASING THE RECOVERY RATE OF REFINED PALLADIUM POWDER FROM WASTE SOLUTIONS

*A. S. KHASANOV, Almalyk MMC, Almalyk, Republic of Uzbekistan,
B. R. VOKHIDOV, A. R. ARIPOV, A. A. ASROROV, F. G. PIRNAZAROV, S. Sh. SHARIPOV, Navoi State
Mining Institute, Navoi, Republic of Uzbekistan,
B. M. NEMENENOK, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave.
E-mail: nemenenok@tut.by*

The research methods for extraction of palladium from waste electrolyte solutions with the use of chloronitric extraction are described. The methods of investigation of the purification from harmful impurities by selective precipitation to obtain a refined palladium powder are given, the parameters on the technological processes are defined, use of the new technologies and equipment used are justified.

Keywords. Palladium, cinder, ammonium chloride, waste electrolyte solution, palladium powder, selective precipitation, chloronitric dissolution, filtration, washing, baking.

For citation. Khasanov A. S., Vohidov B. R., Aripov A. R., Asrorov A. A., Pirnazarov F. G., Sharipov S. Sh., Nemenenok B. M. Investigation of increasing the recovery rate of refined palladium powder from waste solutions, 2020, no. 1, pp. 78–86. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2020-1-78-86>.

В Узбекистане уровень потребления редких металлов, характеризующий степень промышленного развития страны, невысок. Но по количеству запасов ряда редких металлов (рений, селена, теллура, индия и др.) Узбекистан входит в первые десять ведущих стран мира и первую тройку стран СНГ. Эти запасы обусловлены крупными медно-порфиристыми и полиметаллическими месторождениями, в которых редкие металлы, особенно платиноиды, являются попутными. Для многих попутных компонентов (In, Se, Te, Re, V и платиноидов) сырьевая обеспеченность достаточна, и основные проблемы связаны с совершенствованием технологий их получения с высокой экономической эффективностью. Эксплуатируе-

мые запасы редких и рассеянных элементов сосредоточены в крупных и средних сульфидных месторождениях цветных, благородных и редкоземельных элементов. Минерально-сырьевая база редких элементов Узбекистана по качеству имеющихся месторождений не уступает объектам, разрабатываемым за рубежом [1].

В Республике Узбекистан палладий получают АО «Навойский ГМК» в виде аффинированного порошка. С 1991 г. в АО «Алмалыкский ГМК» также начали частично извлекать палладий в порошке с массовой долей 70–80%.

Исходный сбросовый раствор ЦАЗиС (цеха аффинажа золота и серебра) содержит от 40 до 200 мг/л палладия, 150 мг/л азотной кислоты, менее 50 мг/л Au и Ag. В результате исследований была разработана совершенно новая технологическая схема (рис. 1), у которой нет аналогов в странах СНГ, включающая 17 операций с продолжительностью цикла 24–26 ч. При этом рентабельное извлечение получается из растворов с содержанием палладия 50 мг/л и достигает более 84% (против 55–65% по прежней схеме).

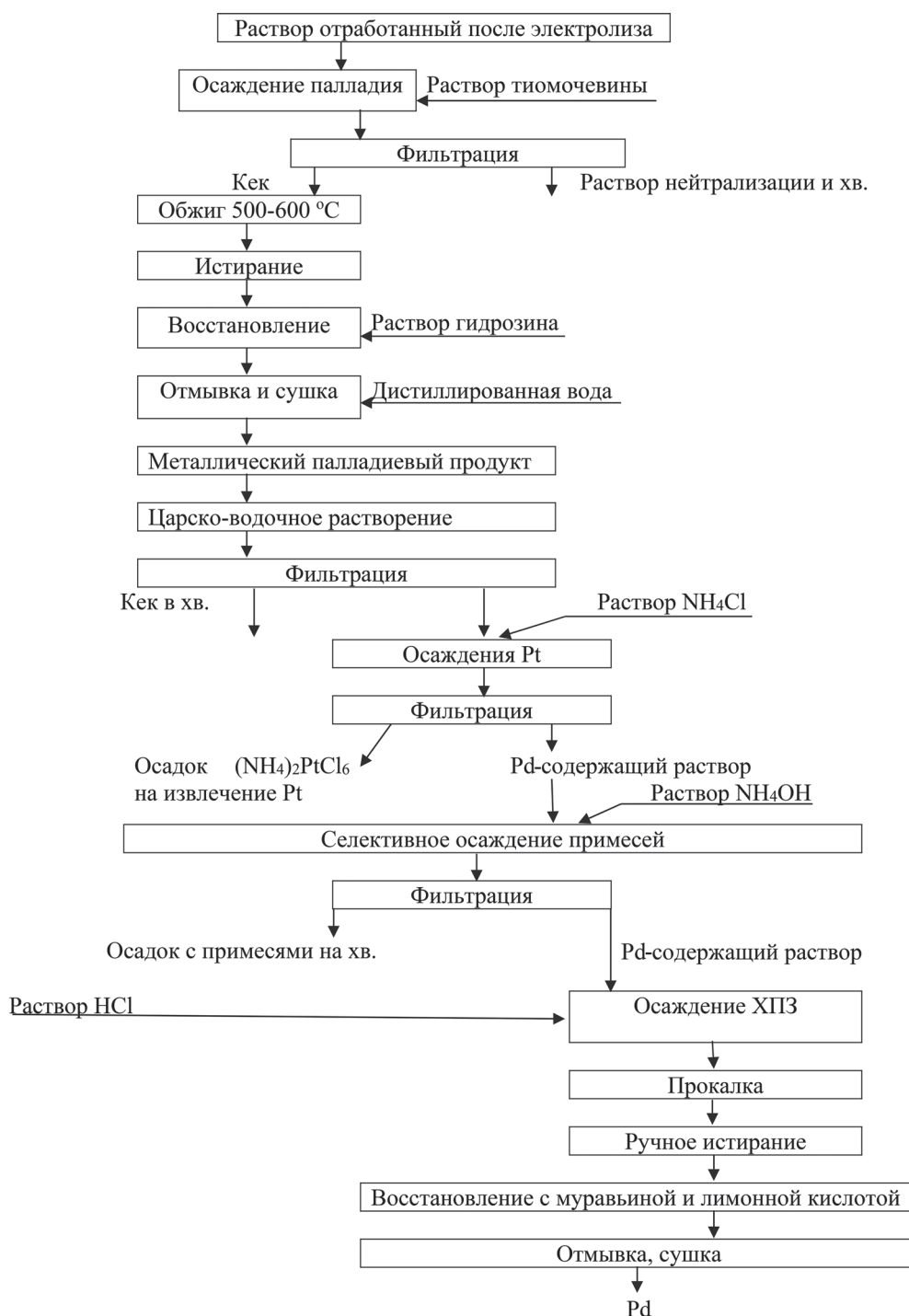


Рис. 1. Технологическая схема извлечения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов

ме). В результате получается аффинированный палладий в порошке с массовой долей палладия более 99,5%. При этом важно учитывать выбор осадителя палладия из сбросовых растворов. Известно несколько способов выделения палладия из растворов, в том числе с использованием процесса осаждения, однако, как правило, при этом используются хлоридные, фторидные, тиомочевинные или роданидные растворы. Металлический палладий хорошо растворяется в растворах азотной кислоты, поэтому его выделение из таких растворов путем осаждения в виде металла встречает серьезные трудности.

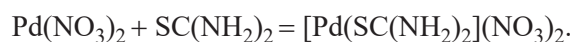
Лабораторные опыты проводили с несколькими реагентами при разных концентрациях палладия в растворах (50–150 мг/л) с изучением расхода реагентов на осаждение. В результате проведенных лабораторных опытов определили степень извлечения палладия в осадок. Данные опытов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты опытов по осаждению палладия тиомочевинным реагентом при разных концентрациях Pd в растворе

Номер опыта	Pd в растворе, мг/л	Расход тиомочевины, г	Pd в остаточном растворе, мг/л	Pd в остатке, %	Извлечение в осадок, %
1	50	2,0	3–7	8	78
2	50	3,0	4–8	8,4	81
3	75	4,0	11–12	12	82
4	75	4,3	10	13	83
5	87	5,0	13	18	86
6	87	5,3	11	19	88
7	105	6,0	17	19	91
8	105	6,2	15	19,5	92
9	127	7,0	20	21	94
10	127	7,5	18	22,2	96

По результатам исследований определяли оптимальный тиомочевинный реагент для осаждения палладия и других металлов платиновой группы (МПГ). Процесс осаждения палладий-мочевинного комплекса проводили в титановом реакторе при включенной мешалке в течение 15–30 мин.

Время отстоя тиомочевинного комплекса составляет до 24 ч [2]:



Из результатов лабораторных опытов следует, что с ростом концентрации палладия в отработанном электролите необходимо увеличение тиомочевины для осаждения палладия, что в итоге приводит к повышению его извлечения (табл. 2).

Таблица 2. Результаты опытов осаждения палладия тиомочевинным раствором с разной продолжительностью процесса

Номер опыта	Время осаждения, мин	Концентрация тиомочевинного раствора, г/л						Максимальное извлечение в осадок, %
		40	50	60	70	80	90	
1	10	50	60	65	70	75	80	80
2	15	56	62	70	74	80	86	86
3	20	60	64	73	80	84	90	90
4	25	62	70	75	82	86	94	94
5	30	75	85	90	93	95	96	96
6	30	75	85	90	93	95	96	96

Установлено, что на эффективность осаждения палладия влияют концентрация тиомочевинного раствора и продолжительность процесса. Высокие концентрации тиомочевинного раствора 70–90 г/л обеспечивают 96–98% осаждения палладия и других ценных компонентов. Таким образом, процесс завершается за 25–30 мин [3].

В результате образовавшийся палладий-тиомочевинный комплекс (ПТМ) остается на дне реактора до следующего поступления раствора. После его накопления в количестве 1500–2000 г по палладию осадок фильтруется через нутч-фильтр, промывается дистиллированной водой до pH 5, подсушивается под вакуумом и осушенный кека направляется на стадию обжига.

В процессе обжига кека происходят различного рода физико-химические превращения, связанные с воздействием высокой температуры, газовой фазы и взаимным влиянием отдельных компонентов, что

приводит к изменению состава исходного материала. Чтобы это изменение происходило в желаемом направлении, в обжиговой печи поддерживаются необходимая температура и состав газовой фазы.

Поступая в обжиговой агрегат, материал нагревается, воспринимая тепло корпуса печи и горячих печных газов. Под температурой воспламенения подразумевается такая температура, при достижении которой разложение комплекса палладия идет настолько интенсивно, что выделяющегося при этом тепла становится достаточно для самопроизвольного распространения процесса во всей массе материала.

Опыты по окислительному обжигу проводили при температурах 300–600 °С. При высоких температурах удаляли органические соединения, углеродсодержащие газы, влагу, оксиды азота и серы. Печь нагревали до необходимой температуры, взвешивали исследуемую пробу, засыпали ее в тигель и помещали в рабочее пространство печи. После загрузки пробы контролировали время и температуру ее нагрева. По истечении фиксированного времени прокаливания тигель с огарком извлекали из печи, охлаждали, взвешивали и определяли выход огарка. Далее определяли переход палладия из огарка в царско-водочный раствор в зависимости от температуры обжига. Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты опытов по обжигу палладийсодержащих кеков при температуре 300–600 °С для определения оптимального режима

Номер опыта	$T_{\text{обжига}}, ^\circ\text{C}$	Масса огарка, г (исходная масса пробы 50 г)	Степень растворимости Pd при царско-водочном растворении
1	300	43	70
2	300	42	71
3	350	41	73
4	350	40	72,5
5	400	40	80,1
6	400	39	81,5
7	450	37	84
8	450	35	85
9	500	27	88
10	525	26	89
11	550	25	94
12	550	24	96
13	600	25	95
14	600	25	95

Лабораторным экспериментом определено, что высокотемпературный обжиг способствует разложению палладия до металлического состояния и вскрывает поверхность металлов, в результате чего повышается степень растворения палладия в царско-водочном растворе. Палладий-тиомочевинный комплекс поступает в обжиговую печь на сушку с последующим обжигом в течение 3–4 ч при температуре 300–500–600 °С. При обжиге осадок палладия разлагается по следующей реакции:



Опыты окислительного обжига ПТМ комплекса проводили в лабораторной печи обжига. Задачей эксперимента являлось полное разложение полупродукта с вскрытием поверхности частиц, изучение влияния температуры и состава газовой фазы на характер обжига без снижения производительности агрегата. Конец обжига определяли по прекращению газовой выделению. После обжига черновой палладиевый продукт подвергали измельчению.

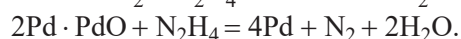
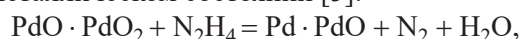
В ходе проведения исследований установлено, что в процессе восстановления палладия наиболее эффективными восстановителями являются гидрозин и сульфаминовая кислота. Необходимое количество указанных добавок зависит не от концентрации азотной кислоты (до 4 моль/л), а от количества палладия. Оптимальное соотношение между количеством добавки и содержанием палладия в растворе составило: для перманганата калия – 0,5–1,5 г/г; для пероксида водорода – 0,8–2,0; для гидрозина – 0,1–0,3; для сульфаминовой кислоты – 0,5–2,0 г/г. Определено, что минимальный расход реагента и высокая степень восстановления оксида палладия обеспечиваются при использовании раствора гидрозина (табл. 4). Процесс осуществляли следующим образом. В герметичный сосуд, содержащий палладий, предварительно добавляли реагенты, способствующие более полному восстановлению палладия, а затем в палладиевый продукт вводили раствор гидрозина [4].

Таблица 4. Результаты опытов по осаждению палладия гидрозином

Номер опыта	Время осаждения, мин	Расход гидрозина, г	Pd в остаточном растворе, мг/л	Pd в остатке, %	Степень извлечения, %
1	20	100	20–22	16	70
2	30	140	20–21	20	74
3	60	160	18–20	26	76
4	90	180	16–18	28	80
5	120	200	14–16	30	84
6	150	250	10–14	32	88
7	180	300	11–12	34	92
8	210	350	8–10	36	94
9	240	400	4–6	40	96
10	240	400	4–6	40	96

После этого раствор перемешивали при подогреве до температуры 60–80 °С в течение 2–4 ч, отделяли выделившийся осадок металлического палладия и проводили анализ концентрации палладия, оставшегося в растворе. По результатам анализа исходного и конечного растворов рассчитывали полноту восстановления палладия (рис. 4).

Экспериментально установлено, что при повышении продолжительности процесса больше расходуется раствора солянокислого гидрозина, но при этом увеличивается степень восстановления палладия в металлическом состоянии [5]:



После окончания процесса восстановления палладиевый полупродукт отмывали дистиллированной водой от остатков гидрозина и ставили на подсушивание при температуре 100–110 °С. Благодаря отмывке палладия дистиллированной водой он очищался от лишних веществ, которые при сушке полностью удалялись с влагой.

По старой схеме палладий несколько раз растворяли азотными кислотами, но это не дало ожидаемого результата, поэтому провели несколько опытов по растворению металлического палладия в царской водке (табл. 5).

Таблица 5. Результаты опытов по царско-водочному растворению

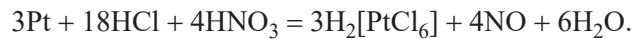
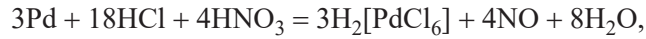
Номер опыта	Время, мин	Расход царской водки на 100 г Pd	Концентрация Pd в растворе, г/л	Степень растворения металлов	
				$E_{\text{Pd}}, \%$	$E_{\text{Pt}}, \%$
1	30	0,5	60	62,56	54,56
2	45	0,75	80	71,84	61,28
3	60	1	100	76,89	64,66
4	75	1,25	120	81,86	67,69
5	90	1,5	140	92,96	72,81
6	105	1,75	160	96,35	76,47
7	120	2	200	99,00	80,12
8	150	2,20	200	99,00	80,12

С увеличением продолжительности степень растворения металлов повышается, так как царско-водочное выщелачивание Pd и Pt связано с кинетикой растворения. Из таблицы видно, что степень растворения Pd выше, чем у Pt. Это объясняет факт более высокого извлечения Pd по сравнению с Pt. Основными параметрами, влияющими на царско-водочное растворение, являются концентрация раствора и расход царской водки. Экспериментально установлено, что при увеличении времени царско-водочного растворения до 120 мин концентрация Pd в растворе составляет 200 г/л при расходе царской водки 2 л на 100 г Pd.

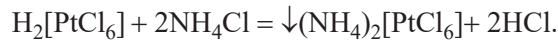
По полученным результатам определен оптимальный режим царско-водочного растворения палладиевого продукта (табл. 5).

В дальнейшем подсушенный палладиевый продукт маленькими порциями засыпали в подогретую емкость объемом 0,05 м³ со смесью концентрированной азотной и соляной кислот. Расход царской водки составил 2 л на 100 г Pd порошка. Растворение проводили при постоянном подогреве в течение 1–2 ч.

В процессе царско-водочного растворения платиновых металлов протекают следующие реакции:



После перевода драгоценного металла в состав раствора нерастворенную часть продукта отфильтровывали и кек удаляли, а ценные компоненты оставались в растворе. Попутно из раствора возможно извлечение Pt. С этой целью выбран селективный осадитель – хлорид аммония, который осаждает из раствора только платину, при этом палладий остается в растворе. Раствор обрабатывали малым количеством хлорида аммония и процесс проводили в реакторе при механическом перемешивании, что обеспечивало протекание реакции:



Экспериментально установлено, что при повышении продолжительности процесса больше расходуется раствора хлорида аммония, но при этом увеличивается степень селективного осаждения платины (табл. 6).

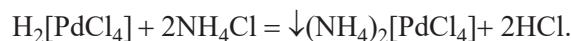
Таблица 6. Результаты опытов по осаждению платины

Время осаждения, мин	Расход хлорида аммония, л	Pt в осадке, %	Извлечение Pt из осадка, %
30	5	16	68
60	10	20	72
90	15	26	76
120	20	28	80
150	25	30	86
150	30	30	86

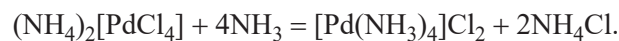
После этого платину отправляли на дальнейшую переработку с целью ее полного очищения. Раствор перемешивали в течение 1–2 ч, отделяли выделившийся осадок металлической платины и проводили анализ концентрации оставшегося в растворе палладия. По результатам анализа исходного и конечного растворов рассчитывали полноту восстановления платины.

Осажденную платину отделяли от раствора фильтрацией, а осадок отправляли на дальнейшую переработку для получения аффинированной платины. Раствор, содержащий палладий, направляли на очистку от примесей (Fe, Cu, Ni и др.) дальнейшими осаждениями ХПЗ.

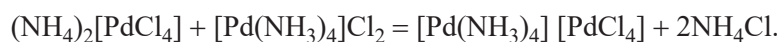
Результаты опытов показали, что тетрахлорпалладиевая кислота при взаимодействии с хлористым аммонием приводит к образованию гексахлороплатината аммония в виде осадка, что позволяет без особого усилия точно разделять палладий от платины:



После чего раствор подвергали селективной очистке палладия с применением в качестве осадителя гидроксида аммония. Для определения целесообразного метода очистки было проведено несколько опытов. Палладиевый раствор упаривали в котлах при температуре 110–120 °С. В раствор постепенно вводили аммиак. Перед введением аммиака палладий в растворе находился в виде тетрахлоропалладата (II) аммония $(\text{NH}_4)_2[\text{PdCl}_4]$. В том случае, если аммиак вводится в избытке, должна протекать конечная реакция:



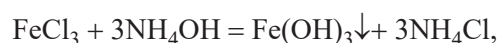
В действительности аммиак прибавляли постепенно и поэтому первоначально одна часть палладия переходила в тетраамминпалладий (II), а другая – оставалась в форме тетрахлоропалладат (II)-иона. Эти комплексы взаимодействовали друг с другом с образованием нерастворимой соли Вокелена состава $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_4][\text{PdCl}_4]$ по реакции:

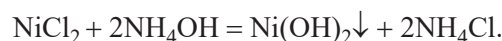
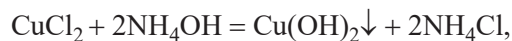


При дальнейшем добавлении аммиака соль Вокелена растворялась с образованием тетраамминпалладий (II) дихлорида:



Соль малорастворима в воде и в отличие от *цис*-изомера имеет более светлый цвет:

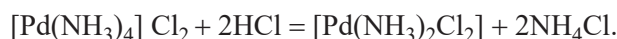




Из раствора полезную примесь платины извлекали с применением 25%-ного хлорида аммония, остальные примеси удаляли аммиачной водой.

В результате лабораторных исследований установлено, что аммиачная вода действует на палладий как растворитель, поэтому Pd не осаждается и переходит в состав раствора, а с примесями образует гидроксиды Fe(OH)₃, Cu(OH)₂, Ni(OH)₂. С целью удаления из раствора ненужных остатков гидроксидов проводили процесс фильтрации, который удалял кек, а ценный компонент палладий при этом находился в составе раствора.

К полученному раствору постепенно добавляли соляную кислоту, при этом выпадал светло-желтый кристаллический осадок *транс*-дихлородиамминпалладия (II), или палладозоамин:



Обработку аммиаком реализовывали в котлах при температуре 75–85 °С, осаждение палладозоамина проводили на холоде. Далее были выполнены лабораторные исследования по изучению осаждения дихлородиамминпалладия (II) (ХПЗ-палладозоамин) и влиянию кислой среды на осаждение ХПЗ. Для этого была разработана специальная технология селективного осаждения. Лабораторные опыты проводили с разными концентрациями и объемами соляной кислоты (табл. 7). Экспериментально определили, что количество соляной кислоты не должно быть очень большим, так как палладозоамин может снова перейти в раствор:



Т а б л и ц а 7. Результаты опытов по осаждению палладия для определения оптимального режима

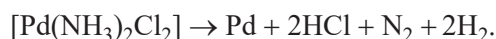
Время осаждения, мин	Расход соляной кислоты на 100 г Pd, л	Концентрация HCl, %	Pd в остатке, %	Извлечение Pd в осадке (ХПЗ), %
10	0,20	30	40	51,8
15	0,25	40	50	62,9
20	0,50	45	60	71,4
25	0,75	50	70	86,7
30	1,0	65	80	96,8
40	1,25	65	65	80

При проведении опытов определен оптимальный режим осаждения палладия в солянокислом растворе: расход HCl составил 1 л на 100 г порошка палладия со средой осаждения pH 1–2.

Если продолжительность процесса увеличивалась до 40 мин, тогда расход соляной кислоты составлял 1,25 л, а осажденный палладий постепенно начинал снова растворяться в соляной кислоте. Поэтому необходимо следить, чтобы процесс восстановления и осаждения ХПЗ составлял 30 мин с расходом 1 л соляной кислоты на 100 г палладиевого продукта при концентрации HCl 65%.

В процессе осаждения палладозоамина соляной кислотой гидраты отделялись при фильтрации, а оставшиеся комплексы разрушались и не мешали осаждению вещества, содержащего аффинируемый металл. После осаждения ХПЗ раствор фильтровали, осадок после фильтрации и сушки палладозоамина направляли на прокаливание, а жидкие стоки подлежали нейтрализации.

После фильтрации и сушки хлорпалладозоамин поступал на прокаливание:



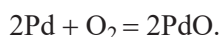
Хлорпалладозоамин прокаливали при температурах 600–700–800–900 °С с разложением до металлического палладия [1].

Лабораторные опыты проводили в обжиговой печи при различных температурах с целью определения оптимального режима прокаливания (табл. 8). Прокаливание вещества проводили, постепенно повышая температуру, и во избежание потерь тигли закрывали крышкой. Если прокаливаемое вещество содержало органические компоненты, сначала при слабом нагревании сжигали органическую часть так, чтобы не образовалось пламя. Эту операцию осуществляли в открытом тигле, а после обугливания вещества закрывали тигель крышкой.

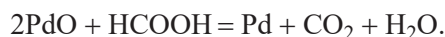
Т а б л и ц а 8. Результаты опытов по прокаливанию осадка Pd (ХПЗ)

$T_{\text{прокал.}}, ^\circ\text{C}$	Масса порошка, г (исходная масса пробы 100 г)	Продолжительность прокаливания, мин	Степень чистоты Pd порошка, %
400	98	10	88,81
450	97,5	15	90,14
500	97	20	95,51
550	96	25	98,53
600	95	30	98,83
650	94,5	35	98,93
700	94	40	98,94
750	93	45	99,38
800	92	50	99,53
850	91	55	99,85
900	90	60	99,94
900	90	60	99,90
950	91	65	99,88
950	91	70	99,83

Лабораторные опыты показали, что высокотемпературный обжиг дает возможность полностью разложить палладий до металлического состояния с образованием чистейшего порошка, но в результате увеличения времени обжига и температуры при охлаждении возможно окисление металлического палладия, приводящего к ухудшению качества порошка:



Для восстановления оксида палладия применяли муравьиную кислоту с расходом реагента 200 мл на 100 г Pd порошка:



Полученный состав порошка в очень малом количестве содержал Pb, Sn и другие примеси металлов. Для очистки от примесей его обрабатывали лимонной кислотой (расход лимонной кислоты 200 мл на 100 г Pd порошка), а после их удаления порошок отмывали дистиллированной водой и сушили с получением чистейшего порошка Pd.

Самую результативную пробу № 11 (табл. 8) подвергали атомно-эмиссионному спектральному анализу. Чистота аффинированного порошка составила 99,94% (табл. 9). Извлечение Pd достигло 82,72–84%.

Т а б л и ц а 9. Результаты химического анализа палладиевого порошка

Номер пробы	Наименование материала	Содержание элементов, %										
		Pd	Pt	Rh	Ir	Ru	Au	Pb	Fe	Si	Sn	Al
11	Pd порошок	99,94	0,0022	0,0310	0,0003	0,0039	0,0032	<0,0001	0,0055	<0,0001	<0,0001	0,0003
		Sb	Ag	Mg	Zn	Cu	Ni	Mn	Cr	Co	Ca	
		0,0022	<0,0001	0,0001	<0,0001	0,0050	0,0012	0,0001	0,0006	0,0005	0,0004	

По разработанной технологии было проведено опытно-промышленное испытание в цехе аффинажа золота и серебра МПЗ АО «АГМК», в результате чистота получаемого палладиевого порошка составила 99,90% (табл. 10).

Т а б л и ц а 10. Результаты химического анализа палладиевого порошка

Номер пробы	Наименование материала	Содержание элементов, %										
		Pd	Pt	Rh	Ir	Ru	Au	Pb	Fe	Si	Sn	Al
10	Pd порошок	99,90	0,0036	0,0312	0,0003	0,0038	0,0068	0,0026	0,00119	<0,0001	<0,0001	0,0002
		Sb	Ag	Mg	Zn	Cu	Ni	Mn	Cr	Co	Ca	
		0,0025	0,0244	0,0003	<0,0001	0,0055	0,0012	0,0001	0,0004	0,0005	0,0006	

Выводы

- Исследована и предложена упрощенная технология извлечения аффинированного палладиевого порошка.
- Определены оптимальные реагентные режимы растворения платиновых металлов царско-водочным способом.
- Предложена технология селективного осаждения платины хлоридом аммония с попутным извлечением платины и последующим селективным осаждением примесей Fe, Cu, Ni и другие с применением гидроксида аммония.
- Разработана глубокая гидрометаллургическая очистка полученного порошкообразного палладия с обработкой муравьиной и лимонной кислотами.
- Разработана технология получения очищенного палладиевого порошка с массовой долей палладия не менее 99,50–99,90%.
- Предложена новая технологическая схема переработки отработанных электролитов с получением готового продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Хурсанов А. Х.** Разработка технологии получения аффинированного палладиевого порошка из отработанных электролитов / А. Х. Хурсанов, А. С. Хасанов, Б. Р. Вохидов // Горный вестник Узбекистана. 2019. № 1 (76). С. 58–61.
2. **Котляр Ю. А.** Metallurgia благородных металлов / Ю. А. Котляр, М. А. Меретуков, Л. С. Стрижко // Руда и металлы. 2005. Т. 1. С. 253–263.
3. **Научное обоснование технологии получения чистого порошка палладия из техногенных электролитов** / В. R. Vokhidov [et al.] XI International correspondence scientific specialized conference «International scientific review of the technical sciences, mathematics and computer science» BOSTON. (USA). JUNE 10–11, 2019.
4. **Исследование технологии извлечения палладия из отработанных электролитов** / А. С. Хасанов [и др.] // Достижения науки и образования. 2019. № 7 (48) С. 5–7.
5. **Khasanov A. S.** The scientific explanation of the technologies to get pure palladium powder from recycled electrolytes / A. S. Khasanov, B. R. Vohidov // The 3rd Binational Workshop between Korea (KIRAM) – Uzbekistan (AMMC) on Rare Metals. Program book (Chirchik 20th Apr., 2019).

REFERENCES

1. **Hursanov A. H., Hasanov A. S., Vohidov B. R.** Razrabotka tehnologii poluchenija affinirovannogo palladievogo poroshka iz otrabotannyh jelektrolitov [Development of a technology for the production of refined palladium powder from spent electrolytes]. *Gornyj vestnik Uzbekistana = Mountain Herald of Uzbekistan*, 2019, no. 1 (76), pp. 58–61.
2. **Kotljarskiy Yu. A., Meretukov M. A., Strizhko L. S.** Metallurgiya blagorodnykh metallov [Metallurgy of precious metals]. *Ruda i metally = Ore and Metals*, 2005, vol. 1, pp. 253–263.
3. **Vokhidov B. R.** *Nauchnoe obosnovanie tehnologii poluchenija chistogo poroshka palladija iz tehnogennykh jelektrolitov* [Scientific substantiation of the technology for producing pure palladium powder from technogenic electrolytes]. XI International correspondence scientific specialized conference «International scientific review of the technical sciences, mathematics and computer science» BOSTON. (USA). JUNE 10–11, 2019.
4. **Hasanov A. S.** Issledovanie tehnologii izvlechenija palladija iz otrabotannyh jelektrolitov [Study of the technology for the extraction of palladium from spent electrolytes]. *Dostizhenija nauki i obrazovanija = Achievements of science and education*, 2019, no. 7 (48), pp. 5–7.
5. **Khasanov A. S.** *The scientific explanation of the technologies to get pure palladium powder from recycled electrolytes* / A. S. Khasanov, B. R. Vohidov. The 3rd Binational Workshop between Korea (KIRAM) – Uzbekistan (AMMC) on Rare Metals. Program book (Chirchik 20th Apr., 2019).