

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Горбачевой Валентины Дмитриевны
на тему: «Разработка технологии извлечения платины и палладия из
низкоконцентрированных растворов аффинажа», представленную на соискание ученой
степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных,
цветных и редких металлов», состоявшейся в НИТУ МИСИС 25.05.2026 г.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС
16.03.2026 г., протокол № 37.

Диссертация выполнена на кафедре цветных металлов и золота НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – кандидат технических наук Сельницын Роман Сергеевич,
доцент, доцент кафедры цветных металлов и золота НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС
(протокол № 37 от 16.03.2026 г.) в составе:

1. Левашов Евгений Александрович – доктор технических наук, член-корреспондент
РАН, профессор, заведующий кафедрой порошковой металлургии и функциональных
покрытий (ПМиФП), директор Научно-учебного центра СВС МИСИС-ИСМАН (НУЦ
СВС), НИТУ МИСИС – председатель комиссии;

2. Тарасов Вадим Петрович – доктор технических наук, профессор, заведующий
кафедрой цветных металлов и золота, профессор, директор Центра инжиниринга
промышленных технологий, НИТУ МИСИС;

3. Морозов Валерий Валентинович – доктор технических наук, профессор кафедры
общей и неорганической химии, НИТУ МИСИС;

4. Мамяченков Сергей Владимирович – доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой металлургии цветных металлов федерального государственного
автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский
федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;

5. Садыхов Гусейнгулу Бахлул Оглы – доктор технических наук, заведующий
лабораторией № 1 проблем металлургии комплексных руд им. ак. И.П. Бардина
федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт металлургии и
материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук.

В качестве ведущей организации утверждено акционерное общество
«Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической
промышленности «ГИРЕДМЕТ» (АО «ГИРЕДМЕТ») имени Н.П. Сажина.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

определена и экспериментально доказана целесообразность переработки методами сульфидного осаждения, цементации и гидролиза солянокислых и азотнокислых многокомпонентных растворов аффинажа, характеризующихся высоким солевым фоном, низкой концентрацией платиновых металлов при повышенном содержании цветных металлов;

получены изотермы сорбции для модельных и реальных солянокислых и азотнокислых растворов при исследовании наиболее эффективных ионообменных смол отечественного и зарубежного производства и **установлено**, что наибольшей избирательностью к платине (IV), (II) обладает слабоосновный анионит с третичной аминовой группой SepLite D194;

разработана научная концепция, позволившая оценить свойства и кинетические характеристики сорбции платины (IV), (II) и палладия (II) из низкоконцентрированных растворов аффинажа;

определены и обоснованы технологические параметры сорбционной технологии извлечения платины (IV), (II) и палладия (II), включающей стадии сорбции, промывки, десорбции, цементации и регенерации ионита;

предложены математические модели, которые позволяют прогнозировать показатель динамической обменной ёмкости (ДОЕ) при сорбции платины и учитывают такие параметры как температура, продолжительность, скорость фильтрации, водородный показатель (рН), влияние концентрации палладия;

доказана и подтверждена целесообразность технологии переработки низкоконцентрированных растворов аффинажа.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

доказаны положения об эффективности применения сорбционного извлечения на слабоосновных макропористых анионитах стирол-дивинилбензольной матрицы для селективного концентрирования и выделения платины и палладия из низкоконцентрированных растворов аффинажного производства; обоснован механизм извлечения платины и палладия, включающий в себя образование комплексных соединений и диффузионный характер сорбционного взаимодействия.

обнаружены фазы комплексных соединений платины и палладия типа $[\text{Pt}(\text{SCN}_2\text{H}_4)_3(\text{HOCH}_2)_3]$, $[\text{Pt}(\text{SCN}_2\text{H}_4)_3\text{HOCH}_2]$, $[\text{Pd}(\text{SCN}_2\text{H}_4)_3\text{HOCH}_2]$, $[\text{Pt}(\text{SCN}_2\text{H}_4)_4(\text{OSO}_3)_2]$, $[\text{Pd}(\text{SCN}_2\text{H}_4)_3\text{OSO}_3]$, образующиеся при осаждении раствором ронгалита и тиомочевины из

низкоконцентрированных солянокислых и азотнокислых растворов при температуре 20-22 °С, продолжительности процесса — 1 ч, показателя

$$pH \leq 2,2;$$

изучены сорбционные свойства ионообменных смол отечественного и зарубежного производства, обладающие наибольшей избирательностью к платине и палладию и ёмкостью;

установлено, что высокой селективностью к платине и палладию при сорбции из низкоконцентрированных солянокислых и азотнокислых растворов аффинажа обладает слабоосновный анионит макропористой стирол-дивинилбензольной матрицы Seplite D194;

обнаружено, что скорость сорбции на анионите Seplite D194 лимитируется плёночной диффузией. Установлены значения коэффициентов диффузии для платины и палладия, равные $n \cdot (10^{-4} - 10^{-5}) \text{ см}^2/\text{с}$, энергии активации 47-81 кДж/моль и критерия Био 0,003-0,04, характеризующие внешнедиффузионный характер процесса сорбции.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана технология переработки низкоконцентрированных солянокислых и азотнокислых растворов аффинажа, включающая процессы сорбции, промывки раствором кислоты, десорбции и цементации и позволяющая снизить энергоёмкость и потери платины и палладия при переработке платинусодержащего сырья, рационально использовать ресурсы и сократить дополнительные производственные затраты;

разработаны и определены режимы технологических процессов переработки низкоконцентрированных растворов аффинажа, включающих сорбцию платины и палладия (температура $t = 36 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, отношение сухой массы сорбента к объёму пропускаемого раствора $m:V = 1:5$, продолжительность $\tau = 1,5 \text{ ч}$), промывку раствором соляной/азотной кислоты, десорбцию палладия (температура $t = 36 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, отношение сухой массы сорбента к объёму пропускаемого раствора $m:V = 2:1$, продолжительность $\tau = 3,0 \text{ ч}$), десорбцию платины (температура $t = 36 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, отношение сухой массы сорбента к объёму пропускаемого раствора $m:V = 1:5$, продолжительность $\tau = 3,2 \text{ ч}$), цементацию палладия (температура $t = 60 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, продолжительность $\tau = 5,0 \text{ ч}$), цементацию платины (температура $t = 60 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, продолжительность $\tau = 6,0 - 7,0 \text{ ч}$) и регенерацию ионита 10 % раствором соляной/азотной кислоты (продолжительность $\tau = 7,5 - 8,0 \text{ ч}$);

результаты исследований подтверждены актом опытно-промышленных испытаний на аффинажном производстве АО «Московский завод по обработке специальных сплавов»; установлено, что извлечение платины из солянокислого раствора

составило 90,64 %, палладия – 88,2 %; из азотнокислого – 94,95 % и 94,40 %, соответственно;

результаты практической значимости предложенной в диссертации технологии **подтверждается** внедрением технологии на АО «Московский завод по обработке специальных сплавов», г. Москва.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Для экспериментальных исследований использовано передовое технологическое и аналитическое оборудование, аттестованные методики атомно-эмиссионной и инфракрасной спектromетрии, рентгеноструктурного фазового и химического анализов. **Достоверность полученных результатов подтверждена** большим объемом экспериментальных данных, их воспроизводимостью, обобщением передового опыта российских и зарубежных разработок, а также проведением опытно-промышленных испытаний и внедрением технологии на производственном объекте;

Личный вклад соискателя состоит в обосновании актуальности, цели и направлений исследования, формулировке задач и путей их решения. Автор принимал участие на всех этапах выполнения работы: осуществлял планирование и проведение экспериментов, обработку и интерпретацию экспериментальных данных; участвовал в формулировании научной новизны и практической значимости, выводов диссертационной работы, написании научных статей, тезисов докладов, оформлении РИД. Автор лично принимал участие в проведении опытно-промышленных испытаний и внедрении технологии на аффинажном производстве АО «Московский завод по обработке специальных сплавов», г. Москва.

Результаты опубликованы в 13 работах, из которых 6 научных статей в рецензируемых изданиях, входящих в базы Scopus и RSCI, имеется 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и 1 ноу-хау и в полной мере отражают содержание диссертации.

Пункт 2.6 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Горбачевой Валентины Дмитриевны соответствует критериям п.2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС. Представленная диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой, в которой предложена сорбционная технология извлечения платины и палладия из низкоконцентрированных платиносодержащих растворов аффинажа с применением в качестве сорбента слабоосновного анионита на макропористой стирол-дивинилбензольной матрице Seplite D194.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, обладает внутренним единством, выводы и рекомендации достоверны и убедительны, результаты работы имеют теоретическую ценность и практическую значимость.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Горбачевой Валентины Дмитриевны ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 — «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии
д.т.н., член-корреспондент РАН, профессор,
Заведующий кафедрой ПМиФП,
Директор НУЦ СВС



Е.А. Левашов
25.05.2026 г.