

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УРФУ 05.08.19  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от «18» декабря 2020 г. № 18

о присуждении Курдюмову Василию Романовичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Сорбционная очистка шахтных вод от примесей с выделением никеля» по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов принята к защите диссертационным советом УрФУ 05.08.19 «28» октября 2020 г., протокол № 4.

Соискатель, Курдюмов Василий Романович, 1991 года рождения, в 2013 г. окончил ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»;

в 2020 г. окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 22.06.01 – Технологии материалов (Metallургия черных, цветных и редких металлов);

работает в должности инженера-технолога (штатного) лаборатории гидрометаллургических производств Исследовательского центра АО «Уралэлектромедь» (г. Верхняя Пышма).

Диссертация выполнена на кафедре «Metallургия цветных металлов» Института новых материалов и технологий ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, и в Исследовательском центре АО «Уралэлектромедь».

Научный руководитель – доктор технических наук, старший научный сотрудник Лебедь Андрей Борисович, НЧОУ ВО «Технический университет УГМК», кафедра «Metallургия», заведующий кафедрой.

Научный консультант – доктор технических наук, старший научный сотрудник Мальцев Геннадий Иванович, АО «Уралэлектромедь», Исследовательский центр, главный специалист.

Официальные оппоненты:

**Рычков Владимир Николаевич**, доктор химических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, кафедра редких металлов и наноматериалов, заведующий кафедрой;

**Ремез Виктор Павлович**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, АО «Уральский научно-исследовательский химический институт

Официальные оппоненты:

**Рычков Владимир Николаевич** – доктор химических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, кафедра редких металлов и наноматериалов, заведующий кафедрой;

**Ремез Виктор Павлович** – доктор технических наук, старший научный сотрудник, АО «Уральский научно-исследовательский химический институт с опытным заводом», г. Екатеринбург, лаборатория аналитической химии, начальник лаборатории.

**Свиридов Алексей Владиславович** – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург, кафедра химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 15 работ, из них 5 статей, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ, включая 4 статьи в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science; 1 патент РФ на изобретение. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 7,45 п.л., авторский вклад – 4,0 п.л.

Основные публикации по теме диссертации:

*статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК и Аттестационным советом УрФУ:*

1. Курдюмов В.Р. Технология комплексной очистки шахтной воды с попутным извлечением цветных металлов / В.Р. Курдюмов, К.Л. Тимофеев, А.Б. Лебедь, Г.И. Мальцев // Цветные металлы. 2017. № 12. С. 29-33. (0,58 п.л. / 0,30 п.л.; Scopus).

Kurdiumov V.R. Technology of integrated treatment of mine water with accompanying extraction of non-ferrous metals / V.R. Kurdiumov, K.L. Timofeev, A.B. Lebed, G.I. Maltsev // Tsvetnye Metally. 2017. №12. P.29-33. (Scopus).

2. Курдюмов В.Р. Особенности очистки шахтной воды по технологии обратного осмоса / В.Р. Курдюмов, К.Л. Тимофеев, С.А. Краюхин // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 11. С. 48-56. (0,69 п.л. / 0,35 п.л.).

Kurdiumov V.R. Specific features of using reverse osmosis for mine water treatment / V.R. Kurdiumov, K.L. Timofeev, S.A. Krauhin // Water Supply and Sanitary Technique. 2018. № 12. P. 48-56.

3. Timofeev K. Sorption and membrane technologies for mine water purification / K. Timofeev, V. Kurdiumov, G. Maltsev // Materials Science Forum. 2019. Vol. 946. P. 621-627. (0,48 п.л / 0,25 п.л.; Scopus).

4. Курдюмов В.Р. Сорбция ионов никеля (II) на катионите с хелатными группами иминодиуксусной кислоты / В.Р. Курдюмов, К.Л. Тимофеев, Г.И. Мальцев // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2019. № 11. С. 63-71. (1,05 п.л / 0,55 п.л.; Scopus, Web of Science).

Kurdiumov V.R. Sorption of nickel (II) ions by chelating resin with iminodiacetate functionality / V.R. Kurdiumov, K.L. Timofeev, G.I. Maltsev // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Khimiya I Khimicheskaya Tekhnologiya. 2019. № 11. P. 63-71. (Scopus, Web of Science).

5. Курдюмов В.Р. Сорбционное извлечение ионов никеля (II) и марганца (II) из водных растворов / В.Р. Курдюмов, К.Л. Тимофеев, Г.И. Мальцев, А.Б. Лебедь // Записки Горного института. 2020. Т. 242. С. 209-217. (1,19 п.л./0,6 п.л.; Scopus, Web of Science).

Kurdiumov V.R. Sorption of nickel (II) and manganese (II) ions from aqueous solutions / V.R. Kurdiumov, K.L. Timofeev, G.I. Maltsev, A.B. Lebed // Journal of Mining Institute. 2020. Vol. 242. P. 209-217. (Scopus, Web of Science).

*Патент:*

6. Способ комплексной очистки шахтных вод: пат. 2666859 Рос. Федерация: С02F 1/28, С02F 1/42, В01J 45/00, С02F 101/10, С02F 103/10 / А.А. Королёв, А.Т. Крестьянинов, С.А. Краюхин, К.Л. Тимофеев, В.А. Кочин, В.Р. Курдюмов; патентообладатель Акционерное общество «Уралэлектромедь». № 2016147246; заявл. 01.12.2016; опубл. 01.06.2018. Бюл. № 16.

На автореферат поступили отзывы:

1. **Ореховой Натальи Николаевны**, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых, и **Горловой Ольги Евгеньевны**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых ФГБОУ ВО «Магнитогорский

государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск. Содержит вопросы и замечания, связанные с принятыми моделями мономолекулярной сорбции, возможными вариантами использования очищенной воды и сравнением сорбционной и мембранной технологий по себестоимости очистки воды.

2. **Попова Александра Николаевича**, доктора технических наук, профессора, заведующего отделом научно-методического обеспечения восстановления и охраны водных объектов ФГБУ «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных объектов», г. Екатеринбург. Содержит вопрос о рассмотрении в работе альтернативных органических или минеральных сорбентов для извлечения никеля и марганца.

3. **Смирнова Геннадия Борисовича**, доктора технических наук, профессора кафедры технической физики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург. Содержит вопрос о подготовке ионообменной смолы к микрорентгеноспектральному анализу.

4. **Юрьева Юрия Леонидовича**, доктора технических наук, профессора кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург. Содержит вопрос о возможности использования никельсодержащих элюатов в АО «Уралэлектромедь» и необходимости дополнительных капитальных вложений.

5. **Скопова Геннадия Вениаминовича**, доктора технических наук, старшего научного сотрудника, главного специалиста Управления стратегического планирования ОАО «Уральская горно-металлургическая компания», г. Верхняя Пышма, Свердловская обл. Содержит вопрос о степени готовности разработанной технологии очистки шахтной воды к промышленному внедрению.

6. **Шорикова Андрея Федоровича**, доктора физико-математических наук, профессора, ведущего научного сотрудника Отдела дифференциальных уравнений ФГБУН «Институт математики и механики им. Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург.

Содержит вопрос о выборе оптимальных условий разделения ионов по установленным математическим моделям.

7. **Никифорова Александра Федоровича**, доктора химических наук, профессора кафедры водного хозяйства и технологии воды ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург. Содержит замечание о необходимости оценки влияния на сорбцию никеля и марганца ионов других металлов, присутствующих в шахтной воде.

8. **Батуевой Татьяны Дмитриевны**, кандидата химических наук, старшего научного сотрудника лаборатории органических комплексообразующих реагентов Института технической химии Уральского отделения Российской академии наук – филиала ФГБУН Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь. Содержит вопросы о степени сорбции ионов никеля и марганца исследуемой смолой по сравнению с другими промышленными реагентами, об обосновании выбранных режимных параметров в модельных системах, концентрации кислоты для регенерации ионита.

9. **Хренникова Алексея Александровича**, кандидата технических наук, Главы представительства КОО «Пьюролайт ЛТД», г. Екатеринбург. Содержит замечания о необходимости исследования сорбции ионов кальция из шахтной воды, об операции кондиционирования смолы щелочью после регенерации.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью и широкой известностью в области гидрометаллургических процессов, в частности, в области разработки и исследования сорбционных технологий извлечения металлов, что подтверждается публикациями в рецензируемых российских и международных научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований представлены новые научно-обоснованные технические и технологические решения в области сорбционной очистки шахтных вод и

селективного извлечения из них ионов никеля, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1. При извлечении ионов  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  ионитом Lewatit TP 207 получены изотермы с областями применимости моделей мономолекулярной сорбции Генри, Фрейндлиха и Ленгмюра, а также полимолекулярной сорбции Дубинина-Радушкевича. Степень извлечения ионов  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  из растворов обратно пропорциональна их остаточной равновесной концентрации. Формирование монослоев ионами  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  на ионите Lewatit TP 207 соответствует и модели Ленгмюра, и модели Фрейндлиха. Определены предельные значения статических обменных емкостей (СОЕ) ионита по данным ионам.

2. По мере увеличения продолжительности контакта Lewatit TP 207 с раствором, содержащим ионы  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  с 2 до 360 мин., а также температуры жидкой фазы с 298 до 328 К происходит рост значений степени их извлечения, СОЕ ионита и коэффициента распределения, что является следствием заполнения данными ионами тех сорбционных центров, для которых при более низкой температуре обмен противоионами является энергетически невыгодным.

3. При увеличении рН жидкой фазы в растворе, содержащем ионы  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$ , происходит рост степени их извлечения, СОЕ ионита и коэффициента распределения, что обусловлено появлением катионов  $\text{Ni}(\text{OH})^+$  и  $\text{Mn}(\text{OH})^+$ , частичным осаждением гидроксидов металлов и усилением диссоциации функциональных групп смолы Lewatit TP 207. Исходя из значений коэффициента распределения, сделан вывод о том, что наиболее селективное извлечение ионов  $\text{Ni}^{2+}$  происходит в нейтральной области рН.

4. При сорбции  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  на Lewatit TP 207 по мере роста температуры с 298 до 328 К установлено увеличение значений констант и коэффициентов скорости пленочной и гелевой диффузии. Сделан вывод о том, что сорбция ионов контролируется диффузией в пленке раствора (в

начальный период) и в зерне сорбента (на последующих этапах), что соответствует смешаннодиффузионному режиму.

5. В интервале температур 298-328 К определены параметры кинетических моделей сорбции ионов  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  на смоле Lewatit TP 207: константы скорости ионного обмена псевдопервого и псевдовторого порядков, кажущиеся энергии активации. По значениям параметров сделан вывод о том, что химическое взаимодействие ионов и функциональных групп не лимитирует их сорбцию.

6. Для сорбируемых на Lewatit TP 207 ионов  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  определены термодинамические характеристики процесса активации согласно теории активированного комплекса: энергия активации, энтропия активации, энтальпия активации и свободная энергия Гиббса активации.

7. Дана математическая интерпретация процессов сорбции ионов  $\text{Ni}^{2+}$  и  $\text{Mn}^{2+}$  на ионообменной смоле с хелатными функциональными группами иминодиуксусной кислоты в виде полиномов второй степени, выражающих зависимость COE ионита от соотношения Ж:Т, длительности сорбции, температуры раствора и величины pH.

Практическое значение результатов диссертационной работы состоит в том, что на основании проведенных соискателем исследований разработан и апробирован способ комплексной очистки шахтных вод, позволяющий: 1) проводить селективное извлечение и концентрирование никеля из шахтных вод с получением элюата, пригодного для производства никелевых солей в АО «Уралэлектромедь»; 2) обеспечить относительную неизменность элементного состава обрабатываемой воды; 3) исключить применение дорогостоящих реагентов, сложного оборудования, привлечение значительных капиталовложений; 4) улучшить экологическую обстановку в г. Верхняя Пышма Свердловской обл. Результаты исследования использованы в проектных решениях и при разработке технологического регламента очистки шахтной воды до питьевого качества как способ решения проблемы дефицита чистой пресной воды.

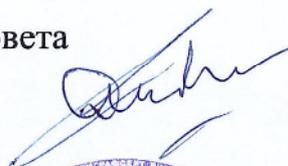
На заседании 18 декабря 2020 г. диссертационный совет УрФУ 05.08.19 принял решение присудить Курдюмову В.Р. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 05.08.19 в количестве 14 человек, участвовавших в заседании, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 13, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

УрФУ 05.08.19



Набойченко Станислав Степанович

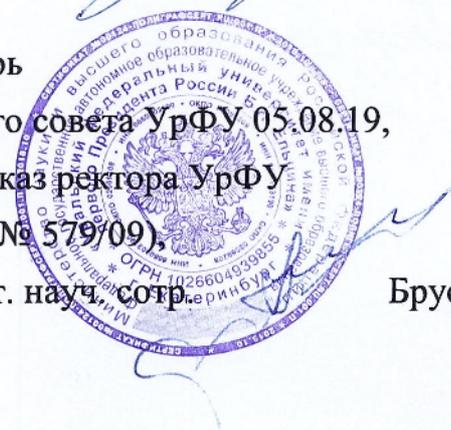
Ученый секретарь

диссертационного совета УрФУ 05.08.19,

член совета (приказ ректора УрФУ

от 16.12.2020 г., № 579/09),

д-р техн. наук, ст. науч. сотр.



Брусницын Сергей Викторович

18.12.2020 г.