

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 1.4.01.01  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

от «21» ноября 2024 г. № 23

о присуждении **Козловой Марине Михайловне**, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «**Кинетика окислительной деструкции ионообменных смол водным раствором пероксида водорода**» по специальности **1.4.4. Физическая химия** принята к защите диссертационным советом УрФУ 1.4.01.01 30 сентября 2024 г. протокол № 16.

Соискатель, **Козлова Марина Михайловна**, 1995 года рождения, в 2019 г. окончила ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология; в 2024 году окончила очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология (Технология неорганических веществ); работает в должности ассистента кафедры физической и коллоидной химии Химико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург).

Диссертация выполнена на кафедре физической и коллоидной химии Химико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор **Марков Вячеслав Филиппович**, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Химико-технологический институт, кафедра физической и коллоидной химии, заведующий.

Официальные оппоненты:

**Авдин Вячеслав Викторович**, доктор химических наук, профессор, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» (г. Челябинск), кафедра экологии и химической технологии, заведующий;

**Линников Олег Дмитриевич**, доктор химических наук, ФГБУН Институт химии твердого тела Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория неорганического синтеза, заведующий;

**Кириллов Сергей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (г. Екатеринбург), кафедра редких металлов и наноматериалов, доцент

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 14 работ, из них 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ, в том числе 4 статьи, входящие в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и WoS, а также 1 патент РФ. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации 2.55 п.л. / 0.74 п.л. – авторский вклад.

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

- 1) Кинетика окислительного разложения сульфокислотного катионита КУ-2×8 водным раствором  $H_2O_2$  / **М.М. Козлова**, А.Е. Бобылев, В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, М.И. Смольников // Бутлеровские сообщения. – 2018. – Т. 56. – № 12. – С. 102-110. (The kinetics of the sulfonic acid cation exchanger KU-2×8 oxidative decomposition with an aqueous solution of  $H_2O_2$  / M.M. Kozlova, A.E. Bobylev, V.F. Markov, L.N. Maskaeva, M.I. Smolnikov // Butlerov Communications. – 2018. – V. 56. – No.12. – P.102-110); 0.56 п.л./0.14 п.л.
- 2) Каталитическое окисление катионита КУ-2×8 водным раствором пероксида водорода / **М.М. Козлова**, А.Е. Бобылев, В.Ф. Марков,



Л.Н. Маскаева, М.И. Смольников // Бутлеровские сообщения. – 2019. – Т. 58. – № 5. С. 54-61. (Catalytic oxidation of cation exchanger KU-2×8 with an aqueous solution of hydrogen peroxide / M.M. Kozlova, A.E. Bobylev, V.F. Markov, L.N. Maskaeva, M.I. Smolnikov // Butlerov Communications. – 2019. – V. 58. – No.12. – P. 54-61); 0.5 п.л./0.17 п.л.

3) Кинетика окислительной деструкции катионита КУ-2×8 с использованием пероксида водорода / **М.М. Козлова**, В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, М.И. Смольников, С.Д. Савиных // Журнал физической химии. – 2020. – Т. 94. – № 12. – С. 1805-1813. (Kinetics of the oxidative degradation of KU-2×8 cation-exchange resin using hydrogen peroxide / M.M. Kozlova, V.F. Markov, L.N. Maskaeva, S.D. Savinykh, M.I. Smol'nikov // Russian Journal of Physical Chemistry A. – 2020. – V. 94. – No.12. – P. 2450-2458); 0.56 п.л./0.14 п.л. (Scopus, WoS).

4) Kinetics of the KU-2×8 cation exchanger's oxidative destruction with Fenton reaction / **М.М. Kozlova**, V.F. Markov, A.E. Bobylev, L.N. Maskaeva // AIP Conference Proceedings. – 2020. – V. 2280. – 0018352; 0.31 п.л./0.08 п.л. (Scopus).

5) Oxidative destruction of anionite AV-17×8 using the Fenton reaction / M.M. Kozlova, V.F. Markov, L.N. Maskaeva // Chimica Techno Acta. – 2021. – V. 8. № 4. – 20218406; 0.31 п.л./0.15 п.л. (Scopus).

6) Study of the kinetics of oxidation of KU-2×8 cation exchange resin with an aqueous hydrogen peroxide solution / **М.М. Kozlova**, М.И. Smolnikov, S.N. Uymin, V.F. Markov, L.N. Maskaeva // AIP Conference Proceedings. – 2022. – V. 2466. – 050020; 0.31 п.л./0.06 п.л. (Scopus).

#### Патент

7) Пат. 2810633 Российская Федерация, МПК G21F 9/04. Способ утилизации отработанных сульфокислотных ионообменных смол / Козлова М.М., Марков В.Ф., Маскаева Л.Н. – № 2023106945; заявл. 23.03.2023; опубл. 28.12.2023, Бюл. № 1. – 7 с; 0.44 п.л./0.15 п.л.

На автореферат поступило 6 положительных отзывов: от профессора кафедры общей и неорганической химии ФГБОУ ВО «Самарский

государственный технический университет», д.х.н., профессора **Гаркушина Ивана Кирилловича**, г. Самара; профессора кафедры аналитической химии, сертификации и менеджмента качества ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», д.х.н., профессора **Юсупова Рафаила Акмаловича**, г. Казань; заведующего кафедрой физической и неорганической химии ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», д.ф.-м.н., профессора **Безносюка Сергея Александровича**, г. Барнаул; заведующего кафедрой машин и аппаратов химических и атомных производств ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», д.т.н., старшего научного сотрудника **Хомякова Анатолия Павловича**, г. Екатеринбург; профессора кафедры техносферной безопасности и аналитической химии ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», д.х.н., профессора **Смагина Владимира Петровича**, г. Барнаул; заведующего кафедрой атомных станций и возобновляемых источников энергии ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», д.т.н., профессор **Щеклеина Сергея Евгеньевича** (г. Екатеринбург).

Отзывы содержат следующие критические замечания и вопросы: о составе низкомолекулярных кислот, образующихся в процессе деструкции анионита (Гаркушин И.К.); о необходимости приведения в автореферате характеристики отработанных смол с точки зрения классификации радиоактивных отходов (Хомяков А.П.); о влиянии значения рН среды на процесс разложения ионообменных смол (Юсупов Р.А.); о необходимости обоснования в автореферате вывода по эффективности каталитических добавок для разложения анионообменной смолы (Безносюк С.А.); о необходимости пояснения предлагаемого механизма деструкции ионообменных смол (Смагин В.П.); о выборе концентрации пероксида водорода и влиянии процессов внутренней диффузии раствора в ионообменные смолы (Щеклеин С.Е.).



**Выбор официальных оппонентов** обосновывается компетентностью Авдина В.В., Линникова О.Д. и Кириллова С.В. в области физической химии, а именно их научными достижениями при изучении физико-химических, комплексообразующих и сорбционных свойств различных соединений, что подтверждается публикациями в высокорейтинговых научных журналах.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата **химических** наук соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ и является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по установлению физико-химических закономерностей окислительного разложения ионообменных смол катионита КУ-2×8 и анионита АВ-17×8 водным раствором пероксида водорода, что вносит весомый вклад в развитие представлений о кинетике гетерогенных каталитических процессов с использованием реакции Фентона.

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

– В результате комплексных кинетических исследований бескаталитического и каталитического окислительного разложения ионообменных смол КУ-2×8 и АВ-17×8 водным раствором пероксида водорода с определением параметров процесса установлено, что процесс каталитической окислительной деструкции протекает по механизму гетерогенного катализа и удовлетворительно описывается кинетической моделью на основе уравнения сжимающейся сферы Грея-Веддингтона.

– Установлено повышение эффективной константы скорости процесса бескаталитического разложения катионита на порядок с увеличением температуры от 348 до 368 К. Эффективная константа скорости каталитического разложения катионита возрастает на три порядка с увеличением температуры в диапазоне 323 – 353 К. Каталитические добавки по своей эффективности располагаются в ряд

$\text{CuSO}_4 < \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 < \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 < \text{FeCl}_3 < \text{FeSO}_4$ . В данном ряду установлено уменьшение эффективной энергии активации с 96.7 до 51.8 кДж/моль.

– Полученные результаты окислительного разложения катионита КУ-2×8 водным раствором пероксида водорода с использованием предварительной сорбции железа (II) продемонстрировали возможность проведения процесса в диапазоне низких температур: 313 – 323 К. Установлено, что эффективная константа скорости процесса при 323 К в условиях предварительной сорбции железа (II) возрастает на порядок при снижении значений кажущейся энергии активации процесса разложения катионита 87.4 до 40.3 кДж/моль.

– Установлено, что бескаталитического разложения анионита АВ-17×8 пероксидом водорода не происходит даже при температуре 368 К. Значения эффективной константы скорости процесса при введении каталитических добавок  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$  в количестве 0.001 – 0.005 моль/л возрастают в 200 раз при повышении температуры от 323 до 348 К. Используемые каталитические добавки по своей эффективности располагаются в ряд  $\text{FeSO}_4 < \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 < \text{CuCl}_2 < \text{CuSO}_4$ . Значения эффективной энергии активации разложения анионита в этом ряду составляют 283.4 – 97.9 кДж/моль.

– Установлено влияние природы и концентрации каталитических добавок солей железа (II и III) и меди (II) на процесс окислительного разложения катионита КУ-2×8 и анионита АВ-17×8. Так процесс каталитической деструкции катионита протекает наиболее эффективно в присутствии 0.005 моль/л сульфата железа (II), обеспечивая полное растворение смолы при 348 К в течение 30 мин. В свою очередь окислительная деструкция анионита в присутствии 0.005 моль/л сульфата меди (II) при 348 К обеспечивает его полное растворение в течение 20 мин.

Сделанные научные выводы позволяют определить оптимальные параметры процесса деструкции: температуру, концентрацию окислителя, содержание и вид каталитических добавок. Результаты могут быть использованы для разработки экономически эффективной химической



технологии утилизации отработанных ионообменных смол в атомной энергетике, а также могут служить основой для утилизации других сложных органических соединений.

На заседании 21 ноября 2024 г. диссертационный совет УрФУ 1.4.01.01 принял решение присудить **Козловой М.М.** ученую степень кандидата **химических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 1.4.01.01 в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного  
совета УрФУ 1.4.01.01



Черепанов  
Владимир Александрович

Ученый секретарь диссертационного  
совета УрФУ 1.4.01.01

Аксенова  
Татьяна Владимировна

21.11.2024