

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке федерального
государственного автономного
образовательного учреждения
высшего образования «Уральский
федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н.
Ельцина»

Германенко А.В.

« 12 » сентября 2025 г



ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Агеенко Егора Игоревича
«Влияние полиакриламидных флокулянтов на электрохимические процессы»,
представленной на соискание ученой степени кандидата химических наук по
специальности 1.4.4. Физическая химия.

Актуальность темы исследования

Диссертация Агеенко Егора Игоревича представляет собой современное физико-химическое исследование, посвященное решению актуальной научно-технической проблемы – определению влияния высокомолекулярных поверхностно-активных веществ (флокулянтов) на ряд электрохимических процессов, сопровождающих практику гидрометаллургического извлечения цинка, в частности: электролиза, цементации примесей в растворах цинковой пылью, электрохимического анализа металлов методом инверсионной вольтамперометрии.

Флокулянты широко используются в различных технологиях: при очистке сточных вод, в гидрометаллургическом производстве для обезвоживания осадков и осветления растворов. В гидрометаллургии цинка не исключается возможность попадания флокулянтов на электрохимические стадии (очистка растворов от примесей, электролиз), которые по-разному

воздействуют на эти процессы в зависимости от вида используемых флокулянтов: катионных, анионных и неионогенных.

Исследование влияния флокулянтов на основе полиакриламида на этапах цементационной очистки растворов от примесей металлов и электролизе цинка, дополняет значительное количество научных работ в области применения флокулянтов для обезвоживания осадков и осветления растворов.

Егор Игоревич Агеенко провел полное сравнительное исследование влияния широко применяемых флокулянтов на электрохимические процессы, протекающие на твердых и жидких электродах, короткозамкнутом гальваническом элементе. Представленная работа внесла значимый вклад в развитие данного научного направления, что подтверждается ее актуальностью, научной новизной и практической значимостью

Исследования по теме работы были поддержаны грантом Фонда поддержки молодых ученых ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» «Влияние высокомолекулярных поверхностно-активных веществ на цементацию кадмия порошком цинка» в 2024 г. (руководитель).

Научная новизна и теоретическая значимость

Впервые установлено замедляющее действие флокулянтов на основе полиакриламида на процесс электровосстановления катионов цинка, кадмия, свинца и водорода, что позволило выявить их роль в изменении эффективности электролиза цинка, цементационной очистке растворов от кадмия, определении концентрации металлов методом инверсионной вольтамперометрии. Показано, что адсорбция флокулянтов на твердом катоде протекает в смешанном режиме и подчиняется изотерме Темкина.

Впервые определены кинетические параметры (степень цементации и кажущиеся константы скорости и энергии активации) восстановления ионов кадмия на цинковом порошке в присутствии полиакриламидных флокулянтов. Показано, что добавление флокулянтов переводит процесс контактного обмена

катионов кадмия с диффузионного режима в кинетический, что подтверждено значениями кажущихся энергий активации.

Впервые установлено, что анионный флокулянт в большей мере подавляет восстановление катионов водорода, чем металлов, по сравнению с катионным и неионогенным флокулянтом в процессе электролиза и цементации.

Практическая значимость

Подавление побочной реакции выделения водорода с помощью анионного флокулянта позволяет рекомендовать его использование в производственных процессах, предшествующих электрохимическим стадиям, включающих цементационную очистку и электролиз. Это может привести к повышению эффективности процессов, повысить выход по току, снизить расход цинкового порошка на стадии очистки растворов и электроэнергии на электролизе, в целом повысить производительность производства металла.

Публикация результатов работы

Основные материалы диссертации представлены в восьми научных статьях, которые изданы в журналах из перечня высшей аттестационной комиссии и индексируемых в системах Web of Science и Scopus. Работа прошла апробацию на Всероссийских и Международных конференциях, по результатам работы которых были опубликованы тезисы трех докладов.

Соответствие работы заявленной научной специальности

Полученные автором диссертации результаты соответствуют следующим областям исследований паспорта научной специальности 1.4.4.

Физическая химия:

1. п.3 «Определение термодинамических характеристик процессов поверхности, установление закономерностей адсорбции на границе раздела фаз и формирования активных центров на таких поверхностях»;

2. п.6 «Химические превращения, потоки массы, энергии и энтропии пространственных и временных структур в неравновесных системах»;
3. п.7 «Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов, физикохимическая гидродинамика, растворение и кристаллизация»;
4. п.9 «Связь реакционной способности реагентов с их строением и условиями протекания химической реакции».

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка литературы из 157 отечественных и зарубежных источников. Основное содержание работы изложено на 123 страницах машинописного текста, включая 12 таблиц и 34 рисунка.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цели и задачи исследования, указаны научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту, дана оценка достоверности полученных результатов, сведения об апробации научной работы, информация о личном вкладе автора. Отдельные главы между собой логически связаны, хорошо структурированы.

В первой главе выполнен аналитический обзор литературных источников на тему роли поверхностно-активных веществ в электрохимических процессах. Обзор посвящен механизмам влияния добавок, обладающих поверхностно-активными свойствами на электроосаждение металлов и рассмотрению использования как низкомолекулярных, так и высокомолекулярных ПАВ.

Во второй главе представлены методы исследования и обработки первичных экспериментальных данных. В экспериментальных исследованиях, посвященных разряду катионов на твердых электродах, автор диссертации использовал потенциостат-гальваностат «Р-30J». При изучении влияния ПАВ на цементацию и инверсионный вольтамперометрический анализ применен

иономер многоканальный «Эксперт-001» и вольтамперометрический анализатор «Экотест-ВА» соответственно. Для анализа объектов исследования (флокулянтов) использованы: ИК-спектрометр Shimadzu IRAffinity-1S, рамановский спектрометр EnSpectr R532, система капиллярного электрофореза «Капель 103Р», спектрометр атомно-эмиссионный с аргоновой индуктивно-связанной плазмой в модификации «Гранд-ИСП», вискозиметр ВПЖ-4. Анализ продуктов цементации выполнен на атомно-абсорбционном спектрометре Shimadzu AA-7000 и рентгеновском дифрактометре Дрон- 3М.

По данным инфракрасной спектроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния подтверждено, что исследуемые флокулянты марки Besfloc представляют собой полиакриламиды разной природы. По результатам анализа флокулянтов методами капиллярного электрофореза и атомно-эмиссионной спектроскопии сделано заключение, о том, что в состав анионного флокулянта в качестве противоиона входит катион натрия, а хлорид-анион выступает в качестве противоиона для катионного флокулянта.

Методом вискозиметрии установлено, что флокулянты обладают близкими молекулярными массами, титриметрически определено мольное соотношение неионогенных и ионогенных звеньев.

Третья глава посвящена собственно обсуждению результатам влияния добавок на электрохимические процессы.

В пункте 3.1 установлено влияние флокулянтов на разряд катионов водорода и цинка. Проведенные исследования позволили получить поляризационные кривые, рассчитать электрохимические параметры разряда катионов на цинковом электроде. Отмечено, что добавление флокулянтов понижает плотность тока за счет адсорбции на поверхности катода. Адсорбция подчиняется изотерме Темкина. При этом флокулянт анионного типа по сравнению с катионным и неионогенным в наибольшей степени уменьшает плотность тока разряда катионов водорода, что автор связывает с протонированием анионной добавки.

Пункт 3.2 посвящен исследованию влияния добавок на кинетику

цементации кадмия порошком цинка. Отмечается более низкая скорость процесса цементации кадмия в присутствии катионного флокулянта, чем в присутствии добавок анионного и неионогенного флокулянта, что согласуется с данными разряда катионов цинка и водорода в процессе электролиза. Анионный флокулянт в значительной мере подавляет реакцию выделения водорода, подобно тому, как это было описано при изучении электролиза. Поэтому уменьшается расход цинка на побочную реакцию с серной кислотой.

В пункте 3.3 исследовано влияние высокомолекулярных ПАВ на разряд катионов Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} на поверхности ртутной пленки, образующейся на поверхности углесталлового электрода. Добавки неионогенного и катионного флокулянтов оказывают отрицательное влияние на аналитический сигнал – площадь пика на вольтамерограмме, это связано с тем, что объемные частицы адсорбата блокируют поверхность отрицательно заряженного электрода, в результате уменьшается скорость разряда ионов. Анионный флокулянт увеличивает площадь пиков на вольтамерограмме за счет сочетания сорбции и комплексообразования.

Первая глава, разделы третьей главы заканчиваются выводами. В конце диссертации сформулировано заключение по работе в целом.

По объему и структуре работа соответствует требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук.

Содержание автореферата в полной мере соответствует содержанию диссертационной работы, ее идеям и выводам.

Тем не менее есть **вопросы и замечания:**

1. Не рассмотрено влияние температуры на скорость разряда катионов на твердом и жидком рабочих электродах в отсутствии и присутствии флокулянтов. Как влияет температура на адсорбцию флокулянтов при проведении цементации?

2. Для зависимостей плотностей тока от концентрации флокулянта (рисунки 21, 25) не нанесены планки доверительных интервалов для экспериментальных точек.

3. В экспериментах использовались концентрации флокулянтов от 0,0075 до 0,2 г/л, почему был выбран этот концентрационный диапазон?

4. Утверждается, что изотерма Темкина наилучшим образом описывает экспериментальные данные (таблицы 5, 7). Каковы возможные причины того, что изотерма Темкина лучше других описывает адсорбцию флокулянтов? Связано ли это с их полимерной природой?

Сделанные замечания носят частный или дискуссионный характер и не оказывают заметного негативного влияния на основное содержание и результаты работы. В целом диссертация оставляет хорошее впечатление. Материал изложен логично и квалифицированно, все основные выводы подкреплены необходимыми расчетами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация Агеенко Егора Игоревича «Влияние полиакриламидных флокулянтов на электрохимические процессы» является самостоятельным завершенным исследованием, новым и оригинальными по выдвигаемым проблемам и способам их решения, которая является актуальной законченной научно-квалификационной работой, имеет новизну и практическую значимость. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих научных изданиях. Содержание диссертации соответствует основным идеям и выводам работы. Положения и выводы работы достаточно обоснованы. Качество оформления диссертации находится на хорошем уровне.

С учетом изложенного, диссертационная работа Агеенко Егора Игоревича «Влияние полиакриламидных флокулянтов на электрохимические процессы» удовлетворяет требованиям паспорта специальности 1.4.4 Физическая химия и отвечает п. 9-11, 13, 14 «Положения о порядке

присуждения ученых степеней» Постановления Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в действующей редакции), а ее автор, Агеенко Егор Игоревич, достоин присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Отзыв на кандидатскую диссертацию Агеенко Егора Игоревича «Влияние полиакриламидных флокулянтов на электрохимические процессы», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, подготовил профессор, доктор химических наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии Маскаева Лариса Николаевна.

Настоящий отзыв обсужден и утвержден на расширенном заседании кафедры физической и коллоидной химии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» (протокол № 7 от 05.09.2025 г.).

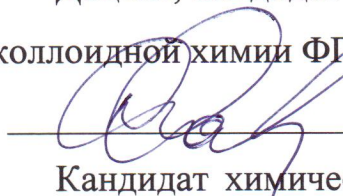
Лица, подписавшие отзыв, выражают согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело соискателя Агеенко Е.И. и их дальнейшую обработку.

Профессор, доктор химических наук, профессор кафедры физической и коллоидной химии ФГАОУ ВО УрФУ



Маскаева Лариса Николаевна

Доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой физической и коллоидной химии ФГАОУ ВО УрФУ



Салимгареев Дмитрий Дарисович

Кандидат химических наук, ученый секретарь, старший преподаватель кафедры физической и коллоидной химии ФГАОУ ВО УрФУ



Поздин Андрей Владимирович

«12» сентября 2025 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Адрес: Российская Федерация, 620062, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Телефон: +7(343) 375-93-18

E-mail: l.n.maskaeva@urfu.ru

Подписи Маскаевой Ларисы Николаевны, Салимгареева Дмитрия Дарисовича, Поздина Андрея Владимировича удостоверяю

ГЛАВНЫЙ СПЕЦИАЛИСТ
УЧЕНОГО СОВЕТА УРФУ
КУДРЯШОВА Н.Н.

Ученый секретарь УрФУ



В.А. Морозова

Сведения о ведущей организации:

Наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Почтовый адрес: Российская Федерация, 620062, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Мира, 19

email: contact@urfu.ru

Контактные телефоны: +7 (343) 375-44-44

+ 7 (343) 375-48-41

Официальный сайт: <https://urfu.ru>