

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Лисенко Лариси Леонідівни
"Колоїдно-хімічні принципи управління поляризаційними та електрокінетичними явищами в
водних дисперсних та мембранних системах",
яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук за спеціальністю
02.00.11 – колоїдна хімія

Актуальність роботи

Системи на основі дисперсних матеріалів становлять значну частину матеріалів природного та штучного походження і у багатьох випадках потребують ефективного очищення чи зневоднення, наприклад, при видаленні різноманітних домішок з забруднених ґрунтів, шламів, природних та стічних вод, зневодненні шламів в гірській, паперової, фармакологічної, харчової промисловості, при обробці осадів стічних вод та ін. Найбільш складними об'єктами з точки зору вибору методів їх очищення або зневоднення є тонкодисперсні системи, які мають високий гідро- і аеродинамічний опір. Для вирішення таких задач широко використовується електрообробка таких систем, що в багатьох випадках дозволяє отримати оптимальні результати. Кінетика масообміну у дисперсних системах визначається складними поляризаційними та електрокінетичними процесами. Розвиток фундаментальних уявлень про поляризаційні та електрокінетичні явища в дисперсних системах залишається актуальним з огляду на наявність нових наукових та практичних напрямів підвищення ефективності методів електрообробки та розвитку новітніх методів мікрофлюїдики. Отримані в дисертаційній роботі результати можуть бути корисними для вдосконалення нових технологічних процесів, що вказує не лише на актуальність фундаментальних результатів роботи, але і на очевидну практичну важливість дисертації.

Основні наукові положення, висновки і рекомендації, що сформульовані у дисертації, ступінь їх обґрунтованості і достовірності

В роботі проведені дослідження нестационарних поляризаційних процесів в багатокомпонентній електрохімічній системі, яка складається з елементів з різними об'ємними і поверхневими властивостями (іонообмінні мембрани, заряджена діафрагма, іоніт), при напруженостях електричного поля, що супроводжуються виникненням нелінійних електрокінетичних явищ. Визначено умови, що забезпечують протікання максимально можливого для таких систем стабільного електроосмотичного потоку. Отримані результати становлять значний інтерес, оскільки на практиці в основному використовуються лінійні електрокінетичні явища, а експериментальні дослідження нелінійних процесів, тим більше застосування при вирішенні технологічних проблем знаходиться на початковій стадії. Автором дисертації розглянуто широке коло питань, що включає як фундаментальні, так і практичні питання регулювання властивостей дисперсних систем при видаленні заряджених і незаряджених

ІКХХВ АН У

Вхідний № 95

« 30 »

06

2020.

домішок та при зневодненні дисперсій.

Висновки, які сформульовані в дисертаційній роботі, містять нові наукові положення по аналізу проблеми. В висновку 1 відзначено, що характер розподілів, отриманих при різних поєднаннях елементів, свідчить про зміну концентраційної поляризації в системі та продемонстровано наявність електроосмосу другого роду в таких системах. В висновку 2 продемонстровано умови досягнення максимальної залежності швидкості електроосмосу від напруженості електричного поля. В висновку 3 відзначено наявність сублінійного характеру зростання ефективності обробки при підвищенні загальної напруженості електричного поля і обґрунтовано причини такої поведінки. В висновку 4 сформульовано умови досягнення оптимальних умов електрофільтрування розчину барвника. В висновку 5 сформульовано основні умови, що приводять до збільшення сумарного перенесення рідини при електрофільтруванні бактеріальних суспензій. В висновку 6 сформульовано наукові принципи електрогідродинамічного регулювання рН порового розчину концентрованих систем та умови оптимізації величини струму в системі і часу встановлення заданих значень рН. В висновку 7 сформульовано основні результати теоретичного аналізу швидкості просування кислотного фронту і часу встановлення заданих значень рН. В висновку 8 показано, що застосування електрогідродинамічного регулювання дозволяє проведення ефективної електрообробки концентрованих дисперсних систем, забруднених важкими металами. В висновку 9 обґрунтовано застосування методу електрогідродинамічного регулювання для оптимального очищення концентрованих глинистих дисперсних систем, забруднених гідрофобними органічними сполуками. В висновку 10 сформульовано принципи вибору солюбілізуючого агента для ефективного електроосмотичного перенесення гідрофобних домішок. В висновку 11 умови досягнення високого ступеня електрозневоднення дисперсних систем. В висновку 12 умови проведення ефективного електробаромембранного зневоднення тонкодисперсної глинистої системи і вибору оптимальної об'ємної частки сильнозаряджених частинок вугілля.

Достовірність результатів була досягнута завдяки використанню сучасних теоретичних і експериментальних методів дослідження і вона не викликає сумнівів.

Наукова новизна роботи

Дисертантом вперше проведені теоретичні і експериментальні дослідження поляризаційних і електрокінетичних процесів в багатоконпонентних системах при врахуванні взаємного впливу концентраційної поляризації різних елементів. В роботі отримані наступні основні наукові результати. На основі виконаного аналізу показано умови виникнення сильної залежності швидкості електроосмосу від напруженості електричного поля (пропорційна $U^{3,5}$). На основі співставлення теоретичних і експериментальних даних вперше встановлено основні закономірності безперервного електрофільтрування заряджених домішок за умови збереження плинності осаду, що утворюється. Вперше отримано важливі теоретичні результати аналізу

розподілу гідродинамічного та електроосмотичного потоків, а також електрофоретичного руху бактерій при електрохімічному знезараженні води, а також сформульовано умови інтенсифікації процесу. Вперше сформульовані умови збільшення швидкості встановлення заданих значень рН порового розчину та інтенсивності електроосмотичного потоків. Проведені експериментальні дослідження свідчать на користь застосування електрогідродинамічного регулювання рН порового розчину для досягнення стабільного транспорт заряджених і незаряджених домішок. В роботі вперше сформульовано умови оптимального поєднання електрокінетичних властивостей частинок та локальних електропровідностей для збільшення ефективності видалення вологи при зневодненні тонкодисперсних систем.

Практична значимість роботи

Практичне значення дисертації полягає у тому, що автором запропоновано ряд практичних рекомендацій для визначення оптимальних умов електрофільтрування заряджених домішок в мембранному каналі, розроблено спосіб збільшення ефективності електрохімічного знезараження води, розроблено метод електрогідродинамічного регулювання рН порового розчину концентрованих дисперсних систем, а також сформульовано умови досягнення ефективного електробаромембранного зневоднення дисперсій. Розроблені підходи дозволяють замінити традиційно використовувані для цієї мети методи, та забезпечити зниження витрат хімічних реагентів і зниження енерговитрат.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях

Основні положення дисертації опубліковані в 46 наукових працях, з них: 19 статей у фахових наукових журналах, 3 патенти України на винахід і тези 21 доповіді на міжнародних наукових конференціях. Обсяг друкованих робіт та їх кількість відповідають вимогам МОН України, щодо публікації основного змісту дисертації на здобуття наукового ступеня доктора хімічних наук. Зміст автореферату є ідентичним до змісту дисертації і достатньо повно відображає основні положення дослідження.

Структура роботи

Результати дисертації викладено у 6 оригінальних розділах, яким передують короткий вступ, і підсумовано у висновках. Загальний обсяг дисертації складає 345 сторінок, де міститься 95 рисунків, та 505 цитованих джерел.

У **вступній частині** дисертації сформульовано актуальність, мету і задачі роботи, а також дано виклад наукової новизни, практичного значення, наведено дані про особистий внесок здобувача і апробації роботи на наукових конференціях.

У **першому** розділі наводяться результати роботи автора з літературними джерелами, описано сучасний стан теоретичних та експериментальних досліджень поляризаційних процесів та електрокінетичних явищ при проведенні електрообробки дисперсних систем. На

основі аналізу наукової літератури обґрунтовано вибір об'єктів і сформульовані основні задачі дослідження.

У **другому розділі** охарактеризовано основні об'єкти, методики дослідження та використовуване обладнання.

Третій розділ присвячений дослідженню нестационарних поляризаційних і електрокінетичних процесів, що протікають в багатокомпонентній мембранній системі, а також при електрофільтруванні заряджених домішок та електрохімічному знезараженні води. Наведені результати вимірювання електроосмотичного потоку при різних поєднаннях діафрагми і шару іоніту. Обговорюються результати дослідження процесів електрофільтрування заряджених домішок (іонів барвника). Показано, що траєкторія руху іонів барвника залежить від їх електроміграційної та дифузійної рухливостей, напруженості електричного поля, швидкості течії розчину, що очищається, а також поляризації мембран. Виконано дослідження впливу електроосмосу на продуктивність зарядженої діафрагми з оксидної кераміки (α -Al₂O₃), використовуваної для поділу катодного і анодного просторів при електрохімічному знезараженні води. Виконано теоретичний аналіз руху бактерії в порі і показано, що підвищення продуктивності фільтра відбувається у випадку, коли бактерії рухаються назустріч гідродинамічному потоку. Експериментальні дослідження, проведені для суспензії бактерій E. Coli, підтверджують сформульовані умови підвищення продуктивності фільтрів.

Четвертий розділ присвячений теоретичному обґрунтуванню та експериментальній апробації електрогідродинамічного регулювання рН порового розчину концентрованих глинистих дисперсних систем. Зміни рН порового розчину, які виникають в результаті генерування на електродах і проходження через об'єм дисперсії H⁺ і OH⁻ іонів, призводять до локальних неоднорідностей електроосмотичної течії, розподілу напруженості електричного поля, електропровідності дисперсної системи та ін., а також в разі видалення важких металів до їх переходу в нерозчинну форму, недоступну для електрокінетичного видалення. Теоретично обґрунтовано та апробовано електрогідродинамічне регулювання рН порового розчину дисперсії, яке дозволяє забезпечити стабільне протікання основних транспортних процесів без використання агресивних хімічних реагентів, що є поширеною практикою в даній області. Дані, отримані з використанням електрогідродинамічного регулювання, підтвердили ефективність його застосування як для видалення заряджених, так і незаряджених домішок.

П'ятий розділ присвячено комплексним дослідженням з видалення різноманітних домішок з концентрованих дисперсних систем. Проведено теоретичний аналіз поляризаційних, електрокінетичних, обмінних та ін. процесів, що протікають в системах з різними поверхневими і об'ємними властивостями, виявлені можливості управління даними процесами, що дозволяють підвищити ефективність очищення дисперсій. Виконано аналіз розподілу залишкового вмісту гідрофобних органічних сполук в об'ємі дисперсії, отриманого при

проведенні досліджень з очищення як модельних, так і реальних систем з використанням різних поверхнево-активних речовин. Запропоновано підхід, що дозволяє оцінити можливу ефективність очищення за результатами початкових етапів обробки.

Шостий розділ присвячено зневодненню тонкодисперсних матеріалів, на основі аналізу електрокінетичних і електричних властивостей оброблюваної системи і заряджених дисперсних домішок запропонований спосіб, що дозволяє інтенсифікувати масоперенесення за рахунок перерозподілу прикладеної напруги, в результаті якого при збереженні величини енерговитрат зростає ефективність зневоднення.

Загалом робота містить великий обсяг експериментального матеріалу, отриманого з використанням сучасних методів досліджень, який добре узгоджується з виконаним теоретичним аналізом. Основні результати повністю відображені в профільних виданнях, їх апробація проведена на спеціалізованих міжнародних конференціях. Поставлені в роботі завдання вирішені, зроблені обґрунтовані висновки, приведено детальний опис отриманих наукових та практичних результатів.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційного дослідження

В цілому робота виконана на високому теоретичному і експериментальному рівні і вона значно поглиблює сучасний рівень знань в області колоїдної хімії. Однак, з огляду на загальну складність теоретичних викладок і велику кількість експериментального матеріалу у мене виникли такі зауваження до змісту дисертаційної роботи і автореферату.

1. На багатьох кривих представлених в авторефераті (Рис. 2 (1, 3, 4) і т.д.) спостерігалися екстремальні залежності. Ці екстремуми обговорюються у дисертаційній роботі, а в авторефераті ні. Бажано було у авторефераті також коротко пояснити причини прояву таких максимумів чи мінімумів.
2. В тексті дисертації при обговоренні Рис. 2.1 не описано секції I-IV. Що таке A і A-A на рис. 2.4?
3. Чим зумовлені істотні відмінності між експериментальними даними і передбаченнями теорії на рис. 3.21, 3.22?. Щодо рис. 3.22. висловлена думка, що основну роль у невідповідності теоретичних та експериментальних кривих відіграє використання при розрахунках усередненої по кожній із секцій напруженості електричного поля. Чи є можливість розробки більш удосконаленої теорії?
4. В роботі проведені детальні оцінки енерговитрат для різних процесів. Однак в загальних висновках ці результати приведені абстрактним чином, без вказування рівня, наприклад «значним зростанням енерговитрат...», «при фіксованих енерговитратах», «забезпечує мінімізацію енерговитрат.», «при зменшенні енерговитрат на його досягнення». Зважаючи на особливу цінність таких оцінок тут варто було б навести числові оцінки і порівняння з важливими промисловими енерговитратами.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

В цілому наведені зауваження не знижують загальну позитивну оцінку роботи "Колоїдно-хімічні принципи управління поляризаційними та електрокінетичними явищами в водних дисперсних та мембранних системах". Результати ґрунтуються на застосуванні сучасних теоретичних і експериментальних методів. Отримані результати є важливими для поглиблення розуміння теорії і практики застосування електрокінетичних явищ. Запропоновані в роботі нові підходи є корисними для опису складних електроповерхневих явищ. Представлені здобувачем результати є новими та оригінальними, а сформульовані у дисертації висновки – науково обґрунтованими.

Отримані результати опубліковані в авторитетних журналах та доповідалися на багатьох конференціях. Дисертаційна робота викладена в чіткій логічній послідовності. Зміст автореферату у повній мірі відображає основні положення дисертації. Оформлення дисертації і автореферату відповідає діючим нормативним документам. В цілому дана дисертаційна робота "Колоїдно-хімічні принципи управління поляризаційними та електрокінетичними явищами в водних дисперсних та мембранних системах" за своєю актуальністю, новизною та обсягом представлених матеріалів відповідає вимогам Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24.07.2013 р. зі змінами, а її авторка, Лисенко Лариси Леонідівна, заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора хімічних наук за спеціальністю 02.00.11 – колоїдна хімія.

Офіційний опонент:

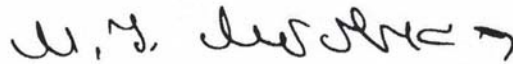
доктор фізико-математичних наук, професор,

завідувач відділу фізичної хімії

дисперсних мінералів

Інституту біоколоїдної хімії

імені Ф.Д. Овчаренка НАН України



М.І. Лебовка

Власноручний підпис професора Лебовки М.І. підтверджую

кандидат хімічних наук, учений секретар

Інституту біоколоїдної хімії

імені Ф.Д. Овчаренка НАН України



О.Ю. Войтенко