

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Барінової Наталії Олегівни «Нелінійні електрофорез та електроосмос для одиничних частинок та складних систем»**, яка представлена на здобуття наукового ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.11 - колоїдна хімія

1. Актуальність теми роботи.

Електроосмос і електрофорез широко використовуються в різних областях виробництва, науки, медицини, екології: в процесах осушення пористих тіл, очищення ґрунтів, знесолення рідин, доставки ліків через шкіру, поділу суміші речовин на фракції, в пристроях, що дозволяють маніпулювати малими кількостями рідини та ін. В більшості випадків у всіх цих процесах використовуються класичні електрофорез і електроосмос, швидкість яких лінійно залежить від величини прикладеної напруги.

Одним із шляхів підвищення ефективності використання електроосмосу та електрофорезу є використання нелінійних по напруженості електричного поля явищ, для виникнення яких потрібні певні умови, зокрема, високий поверхневий заряд для непровідних частинок або селективна об'ємна електропровідність частинок і значна відмінність електропровідності частинки та середовища.

Основні закономірності нелінійних електрокінетичних явищ були передбачені в теоретичних роботах, окремі випадки цих явищ були досліджені експериментально. Так, були виміряні швидкості нелінійного електрофорезу непровідних частинок латексу і вуглецевих частинок, вивчені профілі нелінійної електроосмотичної течії біля одиничної іонообмінної гранули і біля металевих частинок за відсутності струму через них, а також профілі течії, що виникає біля металевих частинок у періодичному полі. Однак, дослідження відхилення швидкості електрофорезу від лінійного закону для частинок різної природи і різного розміру є нечисленними, а дослідження електроосмосу в системах розділених у просторі іонообмінних частинок та їх комбінацій з іншими об'єктами, що поляризуються, а також біля поверхні металевих частинок в

Вхідний № 232

«25»

11

2016

режимі проходження через них струму досі взагалі не проводилися.

В зв'язку з цим дисертаційна робота Н.О. Барінової, яка спрямована на вивчення закономірностей нелінійного електрофорезу частинок різної природи та нелінійного електроосмосу для окремих частинок та їх ланцюжків, а також комплексних систем, які включають елементи різної природи та структури, є, безумовно, **актуальною**.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Високий рівень координації роботи, що виконувалася згідно з низкою держбюджетних науково-дослідних робіт Національної Академії наук України, також підкреслює її актуальність: «Формування електрофоретичних покриттів на основі поліуретанів» (2001-2003 рр.; № ДР 0101U000768), «Розробка фізико-хімічних основ нерівноважних електроповерхневих явищ в субмікронному діапазоні» (2007-2011 рр.; № ДР 0107U000153); «Стратегія розвитку досліджень в галузі хімії, фізики, біології води та фундаментальних основ колоїдної хімії» (2007-2011 рр.; № ДР 0107U000148); «Розробка фізико-хімічних основ нерівноважних електроповерхневих явищ в процесах водоочищення» (2012-2016 рр.; № ДР 0112U0001017).

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірність.

Висновки, теоретичні узагальнення та наукові положення дисертаційної роботи Барінової Н.О. обґрунтовані системним аналізом результатів, одержаних при застосуванні комплексу різнопланових методів досліджень та обладнання, проведеним на основі існуючих уявлень про об'єкт та предмет дослідження. Достовірність забезпечується використанням як найсучасніших, так і класичних фізико-хімічних та електрохімічних методів дослідження, зокрема: мікроелектрофорезу, вольт-амперометрії, мікроскопії, осцилографії, комп'ютерної візуалізації, відеозйомки.

Для підвищення точності вимірювань, необхідної для вивчення відхилення швидкості електрофорезу від лінійного закону, були сконструйовані експериментальні комірки із такою конфігурацією електродних камер, яка

дозволяє уникнути зниження точності вимірювань, обумовленого термоконвекцією та конвекцією, зумовленою газовиділенням на електродах. Окрім того, для більш точного визначення нелінійної складової швидкості було розроблено устаткування з імпульсним режимом подачі напруги, яке дозволяло виключити лінійну складову електрофорезу та електроосмос на стінках комірки.

Для дослідження електроосмотичних потоків в системах із використанням об'єктів з різною природою матеріалів та з різними геометричними характеристиками була також розроблена принципово нова експериментальна комірка, яка дозволяла контролювати падіння напруги на окремих елементах системи та забезпечувала неперервний збалансований підвід і відвід рідини.

Отримані результати характеризуються досить високою відтворюваністю і добре узгоджуються з існуючими на даний час теоретичними моделями. Запропоновані автором наукові положення, висновки та рекомендації можна вважати повністю обґрунтованими і достовірними.

4. Наукова новизна.

Детальний розгляд дисертаційної роботи та друкованих праць здобувача за темою дисертації дозволив встановити, що виконана робота має значну наукову новизну, найбільш суттєві складові якої є наступними:

1. Отримано експериментальне підтвердження раніше передбачених теоретичних залежностей нелінійної складової швидкості електрофорезу провідних і непровідних частинок від прикладеного електричного поля і розміру частинок, а також від чисел Духіна, Пекле і електропровідності розчину.

2. Вперше вивчено електроосмотичні потоки, що виникають біля поверхні металевих об'єктів сферичної і циліндричної форми, та порівняно з електроосмотичними потоками біля іонообмінних гранул. Виявлено, що профілі досліджуваних потоків для іонообмінних і металевих сферичних частинок істотно відрізняються за формою та напрямком течії, а електрохімічні реакції на поверхні металевих частинок помітно зменшують отриману швидкість електроосмосу в порівнянні з іонообмінними гранулами.

3. Вперше досліджено електроосмос в системі із декількох ідентичних і різнотипних гранул іоніту. Показано, що при зближенні двох гранул вихровий

електроосмотичний потік переходить в спрямовану електроосмотичну течію між гранулами з нелінійною залежністю швидкості від напруженості поля. Встановлено закономірності зміни швидкості в залежності від кількості гранул, відстані між ними та напруженості зовнішнього поля. Досліджено величину падіння потенціалу та значення рН на окремих ділянках комірки, що дозволяє судити про особливості концентраційної поляризації, що виникає в ході експерименту.

4. Вперше досліджено електроосмос і локальний розподіл падіння потенціалу в комплексній системі діафрагма / іонообмінні мембрани / іоніт. Показано, що як розподіл напруги в експериментальній комірці, так і швидкість електроосмотичного потоку рідини носять яскраво виражений нестационарний характер і залежать від компоновки елементів досліджуваної системи.

5. Практичне значення одержаних результатів.

Проведені дослідження були спрямовані на вивчення закономірностей концентраційної поляризації та викликаних нею нелінійних складових електрофорезу та електроосмосу, що перш за все є важливим для розвитку фундаментальних знань. Отримані результати дозволяють проаналізувати фактори, які приводять до відхилення від теоретично передбачуваних закономірностей та сприятимуть як подальшому розвитку теоретичних моделей концентраційної поляризації, так і розширенню методів її експериментального дослідження.

Результати дослідження нелінійних електрофорезу та електроосмосу можуть бути використані для управління транспортом частинок та рідини в дисперсіях, капілярах та інших системах, зокрема, в електрохроматографії, в електрокаталізі, при очищенні від дисперсних частинок і бактерій води та інших рідин, при зневодненні дисперсних систем, видаленні з ґрунтів небажаних заряджених і незаряджених домішок. Нелінійний електроосмос в системі гранул іонітів також може бути використаний для конструювання мікронасосів та мініатюрних змішувачів, що є актуальним для нанотехнологій, медицини і мікробіології.

Встановлені закономірності електроосмосу при різних компоновках

іонообмінних матеріалів з діафрагмою може послужити базою для інтенсифікації знесолення води методом електродіалізу.

Одержані автором результати та основні положення дисертації апробовано на 5 Міжнародних наукових конференціях та семінарах, вони добре узгоджуються з сучасними фундаментальними науковими положеннями, не суперечать їм, розвивають та доповнюють їх.

6. Проте, не дивлячись на високий рівень, дисертаційна робота не позбавлена низки упущень та недоліків:

1. В силу того, що виникнення нелінійних електроосмосу та електрофорезу при певних умовах можливе як для провідних, так і для непровідних частинок, повний спектр досліджень мав би включати паралельне дослідження обох нелінійних явищ для всіх частинок. В той же час для непровідних частинок проведені тільки дослідження електрофорезу.

2. Недостатньою є різноманітність типів використовуваних в роботі катіонітів та аніонітів. Якщо електрофорез досліджений на гранулах катіоніту КУ-2-8 і декількох марок катіоніту FINEX, то дослідження електроосмосу обмежуються тільки катіонітом КУ-2-8 та аніонітом АМП.

3. Не пояснено, чому при ідентичних умовах досліджень швидкості електрофорезу катіонітів з близькими обмінними ємностями FINEX і КУ-2-8 істотно різні (рис.3.6, 3.7).

4. Незрозумілою видається відмінність часової залежності швидкості електроосмосу біля поверхні гранул катіоніту та аніоніту, зокрема, наявність «полички» на кривій для гранули аніоніту (рис.4.2). Бажано дати пояснення спостережуваного ефекту.

5. Було досліджено системи, що складаються з 4 і 10 гранул, розташованих на досить великій відстані, в той час як безсумнівний інтерес, в тому числі і практичний, представляють системи, що містять набагато більшу кількість гранул з більш щільною упаковкою.

6. Незважаючи на те, що аналіз отриманих експериментальних кривих в розділі 6 досить чітко демонструє залежність поляризаційних процесів від взаємного розташування елементів досліджуваної системи, зроблені висновки

варто було б підкріпити дослідженнями при інших напруженостях поля і різних складах електроліту.

7. Хоча в цілому дисертація добре оформлена, іноді представлена інформація є недостатньою. Так, наприклад, в списку використовуваних символів і скорочень представлені не всі використані в роботі символи. Не всюди проаналізовані похибки вимірювань.

Вказані зауваження ніяким чином не впливають на загальну високу оцінку дисертаційної роботи Барінової Н.О. і можуть розглядатися як побажання подальшого удосконалення одержаних результатів у майбутніх наукових дослідженнях. Основні результати та висновки дисертації обґрунтовані та достовірні, є новими та одержані автором особисто. Дисертація викладена російською мовою, структура роботи відповідає її меті.

В дисертації представлено велику кількість графічного матеріалу, всі результати і положення є чітко аргументованими та підтверджені експериментально.

7. Обґрунтування.

Дисертація Н.О. Барінової є завершеною, цільною науково-дослідною працею, спрямованою на вирішення важливої наукової задачі: дослідження нелінійних електроосмосу та електрофорезу для окремих частинок, а також в системах, що складаються із різнорідних за хімічною природою та структурою елементів. Висновки добре сформульовані та підтверджуються сукупністю даних, викладених в експериментальних розділах.

Кількість наведених в роботі статей та тез доповідей відповідають вимогам до кандидатських дисертацій. Автореферат та друковані матеріали адекватно та повно відповідають змісту дисертації. За напрямком виконаних досліджень дисертаційна робота відповідає спеціальності 02.00.11 - колоїдна хімія.

8. Висновки.

Дисертаційна робота «Нелінійні електрофорез та електроосмос для одиничних частинок та складних систем» за актуальністю, науковою новизною

отриманих результатів, обґрунтованістю наукових положень, їх достовірністю та практичною значущістю відповідає вимогам пп. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, що пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор – **Барінова Наталія Олегівна** заслуговує присудження вченого ступеня кандидата хімічних наук за спеціальністю 02.00.11 - колоїдна хімія

Офіційний опонент:

Завідувач відділу електрохімічного
матеріалознавства і електрокаталізу
Інституту загальної та неорганічної хімії
ім. В.І. Вернадського НАН України,
професор, доктор хімічних наук



В.С. Кублановський

Підпис В.С. Кублановського засвідчую:

Вчений секретар

Інституту загальної та неорганічної хімії
ім. В.І. Вернадського НАН України,
канд. хім. наук



Л.С. Лисюк