

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І.І. МЕЧНИКОВА

Хімічний факультет

Кафедра фізичної та колоїдної хімії

О.В. ПЕРЛОВА

**ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ФЛОТАЦІЙНОЇ ОЧИСТКИ
ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ
СТІЧНИХ ВОД**

Методичні вказівки до лабораторного практикуму

з дисципліни спеціалізації

для студентів 5 курсу хімічного факультету

Спеціальність 7.04010101 хімія; 8.04010101 хімія

Одеса ОНУ 2013

ББК

УДК 544.4:622.765.54:631.879.34

Перлова О. В. Фізико-хімічні основи флотаційної очистки екологічно небезпечних стічних вод: Методичні вказівки до лабораторного практикуму з дисципліни спеціалізації для студентів 5 курсу хімічного факультету, Спеціальність 7.04010101 хімія; 8.04010101 хімія. – Одеса, 2013. 35 с.

В методичних вказівках наведено інструкції до виконання лабораторних робіт зі дисципліни спеціалізації «Фізико-хімічні основи флотаційної очистки екологічно небезпечних стічних вод».

Методичні вказівки призначені для студентів 5 курсу хімічного факультету, які спеціалізуються по кафедрі фізичної та колоїдної хімії, для поліпшення засвоєння спецкурсу та оволодіння навичками виконання розрахункових та експериментальних робіт.

Рецензенти:

Стрельцова О. О. – доктор хім. наук, професор кафедри фізичної та колоїдної хімії

Раскола Л. А. – кандидат хімічних наук, доцент кафедри неорганічної хімії та хімічної екології

Друкується за рішенням

Вченої ради хімічного факультету ОНУ

Протокол № 6 від 24 квітня 2013 р.

©Перлова О.В., 2013
©Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, 2013

З М І С Т

	Стор.
Вступ	4
Техніка безпеки в лабораторії спецпрактикуму	5
Правила оформлення звітів лабораторних робіт	6
<u>Лабораторна робота №1</u> . Побудова діаграми стану флотаційного збирача в залежності від рН середовища.	7
<u>Лабораторна робота №2</u> . Термодинамічний аналіз процесу утворення важкорозчинних сублатів.	8
<u>Лабораторна робота №3</u> . Вивчення впливу рН середовища на стійкість сублатів.	10
<u>Лабораторна робота №4</u> . Визначення рН початку осадження іонів полівалентних металів аніонними ПАР.	13
<u>Лабораторна робота №5</u> . Вивчення електроповерхневих властивостей колоїдних розчинів сублатів.....	16
<u>Лабораторна робота №6</u> . Вивчення впливу витрати збирача на розмір частинок сублату.	19
<u>Лабораторна робота №7</u> . Флотоекстракційне вилучення йонів важких металів.	20
<u>Лабораторна робота №8</u> . Флотаційне вилучення йонів важких металів методом сорбційної флотації.....	23
<u>Лабораторна робота №9</u> . Дисперсійний аналіз свіжоосаджених гідроксидів полівалентних металів.	25
Контрольні питання	32
Рекомендована література	33
Додатки	34

ВСТУП

В останні роки все більше уваги приділяється вивченню питань, пов'язаних з охороною навколишнього середовища, їх упровадженню в практику. Основним напрямком наукових досліджень кафедри фізичної та колоїдної хімії ОНУ є розробка нових та інтенсифікація існуючих методів виділення та розділення істинно- та колоїдно-розчинених компонентів розчинів з метою утилізації цінних і виділення екологічно небезпечних високотоксичних компонентів. Основними забруднювачами навколишнього середовища є іони важких металів, які потрапляють у стічні води багатьох промислових підприємств. Практика показує, що для вивчення здатності виділення іонів важких металів із екологічно небезпечних стічних вод промислових підприємств тим чи іншим фізико-хімічним методом (іонною флоатацією, адсорбцією, іонним обміном, екстракцією, коагуляцією та ін.), необхідно знати основні фізико-хімічні закономірності кожного процесу.

Завданнями дисципліни спеціалізації “Фізико-хімічні основи флоатаційної очистки екологічно небезпечних стічних вод” є засвоєння студентами суті явищ, які мають місце у системах під час використання флоатаційного методу для виділення із стічних вод високотоксичних компонентів; розкриття причин, які зумовлюють перебіг тих чи інших процесів та їх специфіку; встановлення взаємозв'язку між ефективністю процесу очистки стічних вод та їх складом.

Даний спецкурс сприятиме підготовці фахівців із широким діапазоном знань та вмінь, здатних працювати на рівні міжнародних стандартів в умовах сучасної динамічної зміни пріоритетів щодо замовлення фахівців.

Метою проведення лабораторних робіт є закріплення і поглиблення теоретичного програмного матеріалу; розвинення прагнення студентів до подальшої науково-дослідницької роботи; набуття студентами необхідної для майбутньої професійної діяльності компетентності.

Розроблені лабораторні роботи мають індивідуально-дослідницький характер. Дуже важливим є те, що складність виконання лабораторних досліджень зростає у ході накопичення студентами власного досвіду.

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В ЛАБОРАТОРІЇ СПЕЦПРАКТИКУМУ

Перед початком проведення кожного дослідження слід ознайомитися з його метою, проаналізувати ті хімічні та фізико-хімічні процеси, що відбуватимуться під час експерименту. У хімічній лабораторії необхідно дотримуватися правил поведження та безпечної роботи. Більшість органічних речовин горючі, багато з них отруйні, мають неприємний запах. Тому починаючи працювати в хімічній лабораторії, необхідно засвоїти правила техніки безпеки. Недотримання цих правил може призвести до травм, нещасних випадків, псування одягу або устаткування.

Основні правила роботи в хімічній лабораторії:

1. Під час роботи необхідно підтримувати порядок та чистоту робочого місця.
2. Під час проведення хімічних та фізико-хімічних процесів не можна заглядати в склянку та спрямовувати її отвір на себе або на сусіда.
3. Роботу з леткими або отруйними речовинами слід обов'язково проводити у витяжній шафі.
4. Визначаючи запах речовин у склянках, потрібно обережно, помахом долоні, спрямовувати до носа газоподібні речовини. Пробувати речовини на смак категорично забороняється.
5. Під час використання концентрованих розчинів кислот і за необхідності їх розведення потрібно пам'ятати, що кислоту поступово вливають у воду. Інша послідовність дій може призвести до розбризкування кислоти і потрапляння її на шкіру та в очі.
6. Після закінчення експерименту треба прибрати робоче місце, помити хімічний посуд. Не можна виливати концентровані розчини кислот і лугів, а також органічні речовини в каналізацію. Їх потрібно зливати в спеціально призначений для цього посуд.
8. Не дозволяється виносити з лабораторії реактиви, хімічний посуд або устаткування.

9. Забороняється проводити дослідження, не передбачені лабораторним практикумом. Зміни в ході лабораторного дослідження можливі тільки з дозволу викладача.

10. Забороняється вживати їжу в лабораторії протягом усього часу перебування в ній.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТІВ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Звіт лабораторної роботи повинен містити в собі:

- назву та мету лабораторної роботи;
- стислі теоретичні відомості (за необхідності), основні розрахункові формули, рівняння хімічних реакцій;
- характеристику об'єктів дослідження, що були застосовані під час проведення дослідів;
- стислий опис методики виконання експерименту;
- спостереження, експериментальні дані та результати їхньої обробки, розрахунки, пояснення одержаних результатів, порівняння їх з літературними даними;
- висновки до певного досліду або до лабораторної роботи в цілому.

Запис результатів експерименту повинен відображати надійність даних і враховувати похибку вимірювання. Графіки рекомендовано будувати в електронному вигляді з використанням програми MS Excel.

Лабораторна робота № 1

ПОБУДОВА ДІАГРАМИ СТАНУ ФЛОТАЦІЙНОГО ЗБИРАЧА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД рН СЕРЕДОВИЩА

Мета роботи. Дослідити вплив рН середовища на вміст молекулярної та іонної форми флотаційного збирача у стічній воді. Побудувати діаграму стану флотаційного збирача в залежності від рН середовища.

Об'єкти дослідження. Аніонні ПАР (збирачі катіонів полівалентних металів): калій алкілкарбоксилати $C_nH_{2n+1}COOK$; натрій алкілсульфати $C_nH_{2n+1}OSO_3Na$; калій алкілксантогенати $C_nH_{2n+1}OCS_2K$. Вихідна концентрація 10^{-3} моль/л.

Порядок виконання роботи

Розглянемо порядок розрахунків на прикладі найпоширенішого аніонного збирача – калій алкілкарбоксилату.

1. Розрахувати вміст молекулярної форми збирача при різних значеннях рН середовища:

$$[RCOON] = \frac{C_0 \cdot [H^+]}{[H^+] + K_a}, \quad (1.1)$$

де K_a – константа дисоціації карбонової кислоти (Додаток 1).

2. Якщо одержане значення $[RCOON]$ не перевищує розчинності S карбонової кислоти (Додаток 2), можна розрахувати вміст іонної форми збирача $[RCOO^-]$ при відповідних значеннях рН:

$$[RCOO^-] = \frac{C_0 \cdot K_a}{[H^+] + K_a}. \quad (1.2)$$

3. Якщо знайдене за рівнянням (1.1) значення $[RCOON]$ перевищує розчинність карбонової кислоти, подальші розрахунки проводять наступним чином:

$$[RCOON]_{розч.} = S, \quad (1.3)$$

$$[RCOO^-] = \frac{S \cdot K_a}{[H^+] + K_a}, \quad (1.4)$$

$$[RCOON]_{кол.} = C_0 - ([RCOON]_{розч.} + [RCOO^-]), \quad (1.5)$$

де $[RCOON]_{кол.}$ – кількість карбонової кислоти, яка міститься у розчині в колоїдному стані.

4. Результати розрахунків внести у таблицю.

рН	$[H^+]$, моль/л	$[RCOON]$, моль/л	$[RCOO^-]$, моль/л	$[RCOON]_{розч.}$, моль/л	$[RCOON]_{кол.}$, моль/л

5. Розрахувати масову частку (W , %) кожної форми аніонного збирача.

6. Побудувати діаграму стану аніонного збирача в залежності від рН.

7. Зробити висновок про межі рН, в яких доцільно використовувати аніонні ПАР в якості збирачів іонів полівалентних металів при флотаційній очистці екологічно небезпечних стічних вод.

Лабораторна робота № 2

ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ ВАЖКОРОЗЧИННИХ СУБЛАТИВ

Мета роботи. Провести термодинамічний аналіз процесу утворення важкорозчинних продуктів взаємодії іонів полівалентних металів з аніонними ПАР.

Об'єкти дослідження. Купрум, нікель, аргентум, кальцій, барій, кадмій, хром (III), лантан (III) алкілкарбоксилати, що містять 9 – 17 атомів карбону в алкільному радикалі.

Порядок виконання роботи

1. Побудувати графік залежності $lg S$ від довжини вуглеводневого радикалу осаджувача. Знайти кутовий коефіцієнт B і відрізок A , який відтинає пряма на осі ординат (експериментальні значення коефіцієнтів A і B). Значення розчинності сублатив S наведені в Додатку 2.

2. Для кожної довжини вуглеводневого радикалу осаджувача розрахувати величину $\Delta G_{\text{ymв}}^0$:

$$\Delta G_{\text{ymв}}^0 = RT \ln DP_C, \quad (2.1)$$

де DP_C – добуток розчинності сублату, утвореного йоном полівалентного металу з зарядом z і одновалентним поверхнево-активним іоном осаджувача,

$$DP = z^z \cdot S^{z+1}. \quad (2.2)$$

3. Розрахувати ΔG_{CH_2} – внесок однієї групи CH_2 у вільну енергію утворення сублату:

$$z \cdot \Delta G_{CH_2} = \frac{(\Delta G_{\text{ymв}})_{n+a} - (\Delta G_{\text{ymв}})_n}{a}. \quad (2.3)$$

Знайти середнє значення цієї величини ($z \cdot \overline{\Delta G}_{CH_2}$).

4. Для кожної довжини вуглеводневого радикалу осаджувача (n) розрахувати суму внесків полярної групи ПАР ($z \cdot \Delta G_p$) і катіона металу (ΔG_k) у вільну енергію утворення сублату:

$$\Delta G_k + z \cdot \Delta G_p = \Delta G_{\text{ymв}} - n \cdot z \cdot \overline{\Delta G}_{CH_2}. \quad (2.4)$$

Знайти середнє значення цієї величини ($\overline{\Delta G_k + z \cdot \Delta G_p}$).

5. Результати розрахунків внести у таблицю.

n	S, моль/л	lgS	DP	$\Delta G_{\text{ymв}}$	$z \cdot \Delta G_{CH_2}$	$\Delta G_k + z \cdot \Delta G_p$
				кДж/моль		

6. На підставі одержаних величин розрахувати теоретичні значення коефіцієнтів А, В і К:

$$A = \frac{\overline{\Delta G_k + z \cdot \Delta G_p} - zRT \ln z}{2,303(z+1)RT}; \quad (2.5)$$

$$-B = \frac{z \cdot \overline{\Delta G}_{CH_2}}{2,303(z+1)RT}; \quad (2.6)$$

$$K = 10^{\frac{z \cdot \Delta G_{CH_2}}{2,303(z+1)RT}} \quad (2.7)$$

7. Розрахувати експериментальні значення коефіцієнту К:

$$K = \sqrt[n]{\frac{S_n}{S_{n+a}}} \quad (2.8)$$

Знайти середнє значення цієї величини (\bar{K}).

8. Результати розрахунків внести у таблицю.

А		В		К	
теоретичне	експеримент.	теоретичне	експеримент.	теоретичне	експеримент.

8. Проаналізувати одержані дані.

Лабораторна робота № 3

ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ рН СЕРЕДОВИЩА НА СТІЙКІСТЬ СУБЛАТИВ

Мета роботи. Розрахувати рН початку розкладу алкілкарбоксилатів полівалентних металів у кислому та лужному середовищах за методикою Л.Д. Скрильова і В.Ф. Сазонової. Пояснити вплив довжини вуглеводневого радикалу осаджувача на інтервал значень рН, в межах якого алкілкарбоксилати полівалентних металів є стійкими до гідролізу.

Об'єкти дослідження. Сублати – Купрум, нікель, аргентум, кальцій, барій, кадмій, хром (III), лантан (III) алкілкарбоксилати, що містять 9 – 17 атомів карбону в алкільному радикалі; насичені жирні кислоти, що містять 9 – 17 атомів карбону в алкільному радикалі, купрум, нікель, аргентум, кальцій, барій, кадмій, хром (III), лантан (III) гідроксиди.

Порядок виконання роботи

1. Розрахувати вміст іонів $[RCOO^-]$ в насичених розчинах жирних кислот з різними значеннями рН:

$$[RCOO^-] = \frac{DP_K}{[H^+]}, \quad (3.1)$$

$$DP_K = S_K^2 \quad (3.2)$$

де DP_K – добуток розчинності жирної кислоти; S_K – розчинність жирної кислоти (Додаток 2).

Одержані дані внести у таблицю:

рН	[H ⁺], моль/л	n = 9		n = 11		n = 13		n = 15		n = 17	
		[RCOO ⁻]	lg[RCOO ⁻]	[RCOO ⁻]	lg[RCOO ⁻]	[RCOO ⁻]	lg[RCOO ⁻]	[RCOO ⁻]	lg[RCOO ⁻]	[RCOO ⁻]	lg[RCOO ⁻]

2. Розрахувати вміст іонів [RCOO⁻] в насичених розчинах сублатів з різними значеннями рН:

$$[RCOO^-] = \alpha \cdot z^{z+1} \sqrt{z \cdot DP'_C} \quad (3.3)$$

$$DP'_C = DP_C / \alpha^z \quad (3.4)$$

$$\alpha = \frac{K_a}{K_a + [H^+]} \quad (3.5)$$

$$DP_C = z^z \cdot S_C^{z+1} \quad (3.6)$$

де DP_C і DP'_C – істинний і уявний добуток розчинності сублату; S_C – розчинність сублату (Додаток 2); z – заряд катіона металу, який входить до складу сублату; α і K_a – ступінь і константа дисоціації жирної кислоти.

Одержані дані внести в таблиці (для кожної довжини алкільного радикалу сублату):

рН	[H ⁺], моль/л	α	DP'_C	[RCOO ⁻], моль/л	lg[RCOO ⁻]

3. Використовуючи одержані в п.п. 1 і 2 дані, побудувати попарно графіки залежності $lg[RCOO^-] = f(pH)$ для кожної довжини алкільного радикалу сублату і

жирної кислоти. За допомогою графіків знайти рН початку розкладу сублатів у кислому середовищі (рН₁).

4. Розрахувати концентрацію іонів $[Me^{z+}]$ в насичених розчинах гідроксиду відповідного металу з різними значеннями рН:

$$[Me^{z+}] = DP_{\Gamma} / [OH^{-}]^z, \quad (3.7)$$

де DP_{Γ} – добуток розчинності гідроксиду полівалентного металу, розраховується з використанням розчинності гідроксиду полівалентного металу S_{Γ} (Додаток 2) за рівнянням

$$DP_{\Gamma} = z^z S_{\Gamma}^{z+1}, \quad (3.8)$$

Одержані дані внести в таблицю:

рН	$[H^+]$, моль/л	$[OH^-]$, моль/л	$[Me^{z+}]$, моль/л	$\lg [Me^{z+}]$

5. Розрахувати концентрацію іонів $[Me^{z+}]$ в насичених розчинах сублатів з різними значеннями рН:

$$[Me^{z+}] = \sqrt[z+1]{DP'_C / z^z}. \quad (3.9)$$

Для розрахунку DP'_C використовують рівняння (3.4) – (3.6).

Одержані дані внести в таблицю:

pH	$[H^+]$, моль/л	α	DP'_C	$[Me^{z+}]$, моль/л	$\lg [Me^{z+}]$

6. Використовуючи одержані в п.п. 4 і 5 дані, побудувати попарні графіки залежності $\lg [Me^{z+}] = f(pH)$ для кожної довжини алкільного радикалу сублату. За допомогою графіків знайти рН початку розкладу сублатів у лужному середовищі (рН₂).

7. Розрахувати інтервал значень рН, усередині якого сублати з різними довжинами алкільного радикалу є стійкими до гідролізу:

$$\Delta pH = pH_2 - pH_1 \quad (3.10)$$

Одержані дані внести в таблицю:

n	pH_1	pH_2	ΔpH

8. Проаналізувати результати розрахунків області стійкості сублатів до гідролізу.

9. Розрахувати рН початку розкладу сублатів з різною довжиною алкільного радикалу у лужному середовищі ($pH_{крит.}$) за методикою Вороніна:

$$pH_{крит.} = \frac{1}{z} \lg DP_{Г} - \frac{1}{z^2 + z} \lg DP_{М} + \frac{1}{1+z} \lg z + 14 \quad (3.11)$$

Порівняти одержані величини з розрахованими у п. 6. Зробити висновок щодо впливу довжини алкільного радикалу сублату на величину $pH_{крит.}$.

10. Обґрунтувати доцільність вибору певної довжини алкільного радикалу жирнокислотних осаджувачів (збирачів) полівалентних металів з точки зору одержання сублату, найстійкішого до гідролізу.

Лабораторна робота № 4

ВИЗНАЧЕННЯ рН ПОЧАТКУ ОСАДЖЕННЯ ІОНІВ ПОЛІВАЛЕНТНИХ МЕТАЛІВ АНІОННИМИ ПАР

Мета роботи. Визначити рН початку осадження іонів полівалентних металів (купруму, нікелю, аргентуму, кальцію, барію, кадмію, хрому (III), лантану (III) та ін.) калій алкілкарбоксилатами. Вивчити вплив вихідної концентрації металу, вихідної концентрації і довжини вуглеводневого радикалу ПАР на рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбоксилатами.

Об'єкти дослідження. Сублати – Купрум, нікель, аргентум, кальцій, барій, кадмій, хром (III), лантан (III) алкілкарбоксилати, що містять 9 – 17 атомів карбону в алкільному радикалі; насичені жирні кислоти, що містять 9 – 17 атомів карбону в алкільному радикалі.

А. Вивчення впливу вихідної концентрації металу на рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбоксилатами

Умови:

- Розчини солі полівалентного металу (за завданням викладача) з концентраціями металу 5, 10, 25, 50, 125, 150, 200 мг/л;
- Витрата збирача 100 % від стехіометрично необхідної кількості;
- Довжина вуглеводневого радикалу ПАР стала (за завданням викладача).

Порядок виконання роботи

1. Написати рівняння реакції взаємодії іону полівалентного металу з калій алкілкарбонатом.
2. Розрахувати стехіометрично необхідні кількості ПАР для взаємодії з розчинами солей металу.
3. Розрахувати рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбонатами (рівняння (4.1) або (4.2)):

$$[H^+] = \frac{[C_M^0 (1-\gamma)]^{1/z} (C_{ПАР}^0 - z C_M^0 \gamma) K_a}{DPC^{1/z}} \quad (4.1)$$

де C_M^0 і $C_{ПАР}^0$ – вихідні концентрації відповідно іонів полівалентних металів та збирача (моль/л); γ – частка тих іонів полівалентних металів, що осадилися; DPC – добуток розчинності сублату.

Значенню рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбонатами відповідає $\gamma=0$. За цієї умови рівняння (4.1) в логарифмічній формі має вигляд:

$$\lg [H^+] = \frac{1}{z} \lg C_M^0 + \lg C_{ПАР}^0 + \lg K_a - \frac{1}{z} \lg DPC$$

або

$$pH = \frac{1}{z} \lg DPC - \frac{1}{z} \lg C_M^0 - \lg C_{ПАР}^0 - \lg K_a \quad (4.2)$$

Для розрахунку рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбонатами в рівняння (4.2) підставити відповідні значення C_M^0 , $C_{ПАР}^0$, K_a і DPC . Величину DPC сублату взяти з літератури (Додаток 2).

4. Результати розрахунків внести у таблицю

№ п/п	C_M^0 , МГ/Л	C_M^0 , МОЛЬ/Л	q , %	$C_{ПАР}^0$, МОЛЬ/Л	n	pH

5. Побудувати графік залежності розрахованих значень рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбоксилатами від вихідної концентрації металу $pH = f(C_M^0)$ та проаналізувати одержані результати.

Б. Вивчення впливу вихідної концентрації ПАР на рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбоксилатами

Умови:

- Розчини солі полівалентного металу (за завданням викладача) з концентрацією металу 50 мг/л;
- Витрата збирача 25, 50, 75, 100, 150 і 200% від стехіометрично необхідної кількості;
- Довжина вуглеводневого радикалу ПАР стала (за завданням викладача).

Порядок виконання роботи

1. Написати рівняння реакції взаємодії іона полівалентного металу з калій алкілкарбоксилатом.
2. Розрахувати необхідні кількості ПАР для взаємодії з розчином солі металу.
3. Розрахувати рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбоксилатом (рівняння (4.2)).
4. Результати розрахунків занести у таблицю (див. п. А)
5. Побудувати графік залежності розрахованих значень рН початку осадження іонів полівалентних металів калію алкілкарбоксилатом від вихідної концентрації ПАР $pH = f(C_{ПАР}^0)$ та проаналізувати одержані результати.

В. Вивчення впливу довжини вуглеводневого радикалу ПАР на рН початку осадження іонів полівалентних металів алкілкарбоксилатами калію

Умови:

- Розчини солі полівалентного металу (за завданням викладача) з концентрацією металу 50 мг/л;
- Витрата збирача 100% від стехіометрично необхідної кількості;
- Довжина вуглеводневого радикалу ПАР 9, 11, 13, 15, 17 атомів С.

Порядок виконання роботи

1. Написати рівняння реакції взаємодії іона полівалентного металу з калій алкілкарбоксилатом.
2. Розрахувати необхідну кількість ПАР для взаємодії з розчином солі металу.
3. Розрахувати рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбоксилатами (рівняння (4.2)) для кожної довжини вуглеводневого радикалу ПАР.
4. Результати розрахунків звести у таблицю (див. п. А)
5. Побудувати графік залежності розрахованих значень рН початку осадження іонів полівалентних металів калій алкілкарбоксилатами від довжини вуглеводневого радикалу ПАР $pH = f(n)$ та проаналізувати одержані результати.

Лабораторна робота № 5

ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОПОВЕРХНЕВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛОЇДНИХ РОЗЧИНІВ СУБЛАТИВ

Мета роботи. Визначити вплив кількості збирача у розчині на ξ -потенціал частинок сублату суспензійного ступеня дисперсності методом мікроелектрофорезу.

Обладнання та реактиви. Прилад для вимірювання ξ -потенціалу методом мікроелектрофорезу, кондуктометр, секундомір, аналітичні терези, магнітна мішалка, гумова груша, склянки (100-150 мл), циліндр (50 мл), піпетки (5 та 10 мл). Солі полівалентних металів (аргентум нітрат, магній сульфат, кальцій хлорид, барій хлорид, купрум сульфат, нікель сульфат та ін.), аніонні ПАР (калій

алкілсульфати ROSO_3K , алкілкарбоксилати RCOOK , алкілксантогенати ROCS_2K , алкілфосфати ROPO_3K_2), дистильована вода, фільтрувальний папір.

Порядок виконання роботи

1. Приготувати розчини, що досліджуються.

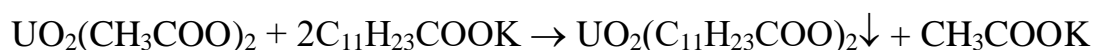
В якості досліджуваних розчинів зручно використовувати водні суспензії важкорозчинних продуктів взаємодії іонів полівалентних металів (Mg^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} та ін.) з аніонними ПАР. Для отримання досліджуваної суспензії, концентрація твердої фази в якій не повинна перевищувати 0,05 % (за об'ємом), до розчину солі металу по краплях при постійному перемішуванні додають попередньо розраховану кількість потрібного ПАР.

Розрахунок потрібної кількості ПАР ведуть за рівнянням реакції з урахуванням вихідної концентрації розчину солі металу і розчину аніонного ПАР. Концентрація останнього повинна бути нижче за ККМ даного ПАР.

Приклад розрахунку об'єму збирача.

$\text{UO}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$; $C = 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л (колігенд).

$\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOK}$; $C = 0,0083$ моль/л (збирач).



$$V_{\text{соли}} = 50 \text{ мл}; \quad v_{\text{соли}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} \cdot 0,05 \text{ л} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ моль}$$

$$v_{\text{соли}} : v_{\text{збир}} = 1 : 2; \quad v_{\text{збир}} = 10 \cdot 10^{-5} \text{ моль}$$

$$V_{\text{збир}} = \frac{10 \cdot 10^{-5} \text{ моль}}{0,0083 \text{ моль/л}} = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ л} = 12 \text{ мл}.$$

$q, \%$	30	60	100	130	160
$V_{\text{збир}}, \text{мл}$	4	8	12	16	20

2. Підготувати до роботи пристрій, що складається з комірки, мікроскопу та джерела струму.

3. Наповнити комірку суспензією, з'єднати електроди комірки з джерелом струму. Для вимірювання лінійної швидкості руху частинок дисперсної фази U_0

фокусувати мікроскоп і, фіксуючи увагу на будь-якій частинці, визначити за числом поділок окулярної мікрометричної сітки шлях h , який пройшла частинка за час τ . Вимірювання виконувати при невисоких градієнтах потенціалу (не більш 0,1 В/м), які забезпечують ламінарний режим руху рідини в комірці, проводячи 8-10 вимірювань величини τ , змінюючи напрямок току.

4. Виміряти питому електричну провідність кожної досліджуваної суспензії.

5. Розрахувати електрокінетичний потенціал за рівнянням Гельмгольца-Смолуховського

$$\xi = \eta \cdot U_0 / (\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot H), \quad (5.1)$$

де $U_0 = h/\tau$ – лінійна швидкість руху частинки (м/с); h – шлях, який пройшла частинка (м) за час τ (с); H – напруженість зовнішнього електричного поля (В/м); ε – діелектрична проникність середовища; η – в'язкість середовища (Па·с); $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – діелектрична проникність вакууму.

Напруженість поля розрахувати за формулою:

$$H = I/(\alpha \cdot A), \quad (5.2)$$

де I – сила струму (А); α – питома електрична провідність розчину (Ом·м⁻¹); A – площа поперечного перетину комірки (м²).

Для води та водних розчинів при 18°C $\eta = 1,002 \cdot 10^{-3}$ Па·с; $\varepsilon = 81$.
Параметри комірки для вимірювання ξ -потенціалу: $h = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м; $A = 4,5 \cdot 10^{-6}$ м².

6. Отримані дані внести в таблицю.

$q, \%$	$\tau, \text{с}$	$U_0, \text{м/с}$	$I, \text{А}$	$\alpha, \text{Ом} \cdot \text{м}^{-1}$	$H, \text{В/м}$	$\xi, \text{В}$

7. Побудувати графік залежності електрокінетичного потенціалу частинок сублату від витрати збирача. Проаналізувати одержану залежність.

8. Запропонувати міцелярні формули сублатів.

Лабораторна робота № 6
ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ВИТРАТИ ЗБИРАЧА НА
РАДІУС ЧАСТИНОК СУБЛАТУ

Мета роботи. Визначити радіус частинок сублату суспензійного ступеня дисперсності за методом Геллера; встановити вплив витрати збирача на розмір частинок сублату.

Обладнання та реактиви. Колориметр фотоелектричний КФК-2, набір кювет, аналітичні терези, магнітна мішалка, гумова груша, склянки (100-150 мл), циліндр (50 мл), піпетки (5 та 10 мл). Солі полівалентних металів (аргентум нітрат, магній сульфат, кальцій хлорид, барій хлорид, купрум сульфат, нікель сульфат та ін.), аніонні ПАР (калій алкілсульфати ROSO_3K , алкілкарбоксилати RCOOK , алкілксантогенати ROCS_2K , алкілфосфати ROPO_3K_2), дистильована вода, фільтрувальний папір.

Теоретична частина

Рівняння Релея може бути використано для визначення розміру сферичних частинок, якщо їх радіус r не перевищує $1/20$ довжини хвилі падаючого світла. В цьому випадку в рівняння Релея входить довжина хвилі λ в четвертому ступені. Зі збільшенням розміру частинок дисперсної фази закон Релея не виконується та інтенсивність розсіяного світла обернено пропорційна довжині хвилі в ступені, меншому, ніж 4. Зокрема, якщо розмір частинок дисперсної фази складає від $1/10$ до $1/3$ довжини хвилі світла, для опису світлорозсіювання в системі використовується рівняння Геллера:

$$D = k\bar{\lambda}^{-n} \quad (6.1)$$

де D – оптична густина дисперсної системи при довжині хвилі λ ; k – константа, яка не залежить від довжини хвилі, або в логарифмічній формі

$$\lg D = \lg R - n \cdot \lg \bar{\lambda} \quad (6.2)$$

Залежність $\lg D$ від $\lg \bar{\lambda}$ являє собою пряму лінію, тангенс кута нахилу якої дорівнює $-n$. Значення показника ступеня n залежить від співвідношення між розміром частинки і довжиною хвилі світла. Це співвідношення характеризується параметром z :

$$z = 8\pi r / \lambda \quad (6.3)$$

Зі збільшенням z значення n зменшується, прямуючи до 2 для частинок, радіус яких більший довжини хвилі.

Порядок виконання роботи

1. Приготувати розчин солі металу ($C = 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л).
2. Приготувати розчин збирача за завданням викладача (концентрація розчину нижча за ККМ ПАР (Додаток 3)).
3. Розрахувати кількість збирача, яку необхідно додати до розчину солі металу (приклад розрахунку див. лабораторну роботу №4).
4. Отримати суспензію сублату при різних значеннях об'єму збирача, що додається.
5. Визначити оптичну густину D кожної суспензії збирача в залежності від довжини хвилі падаючого світла λ .
6. Побудувати графіки залежності $\lg D = f(\lg \lambda)$. Знайти тангенс кута нахилу прямих ($\operatorname{tg} \alpha = -n$).
7. Використовуючи дані, наведені в Додатку 4, побудувати градууювальний графік $n = f(z)$.
8. За градууювальним графіком знайти значення z , яке відповідає знайденому в п.6 значенню n .
9. Розрахувати радіус r частинок сублату за рівнянням:

$$r = \frac{z \cdot \bar{\lambda}}{8\pi}, \quad (6.4)$$

де $\bar{\lambda} = \frac{\lambda_{\min} + \lambda_{\max}}{2}$ – середнє значення довжини хвилі світла.

9. Результати розрахунків внести у таблицю.

$q, \%$	$\lambda, \text{нм}$	$\lg \lambda$	D	$\lg D$	z	$r, \text{м}$

10. Побудувати графік залежності радіусу частинок сублату від витрати збирача. Проаналізувати одержану залежність.

Лабораторна робота № 7

ФЛОТОЕКСТРАКЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ЙОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ

Мета роботи. Встановити доцільність використання флотоекстракції для вилучення йонів важких металів з водних розчинів.

Обладнання та реактиви. Аналітичні терези, флотаційна установка, ультразвуковий диспергатор, циліндр об'ємом 50 мл, іономір універсальний, секундомір, піпетки, гумова груша, фільтрувальний папір; 0,0001 М розчини купрум (II), нікель (II), цинк, лантан (III) сульфатів чи нітратів, поверхнево-активні речовини (триалкіламін (ТАА), капринова, лауринова або міристинова кислоти), органічні розчинники (уайт-спирит, гас, бензол, толуол), 0,1 М розчин калій гідроксиду, 0,1 М розчин нітратної кислоти.

Робота виконується за одним з варіантів за завданням викладача.

Варіант	Об'єкт дослідження	Збирач	pH розчину солі металу	Витрата збирача, моль ПАР: моль Me	Час флото-екстракції, хв
1	Розчин купрум (II) сульфату	Розчин капринової кислоти у бензолі	4,0	0,5 1,0 1,5 2,0	10
2	Розчин нікель (II) сульфату	Розчин лауринової кислоти у бензолі	4,0 6,0 8,0 10,0	1,0	10
3	Розчин цинк сульфату	Розчин міристинової кислоти у бензолі	2,0	1,0	2 5 10 15

4	Розчин лантан нітрату	Розчин лауринової кислоти у бензолі	4,0	1,0	2 5 10 15
5	Розчин нікель (II) сульфату	Розчин міристинової кислоти у гасі	2,0 4,0 6,0 8,0	1,0	10
6	Розчин лантан нітрату	Розчин ТАА в уайт-спириті	2,0	0,5 1,0 1,5 2,0	10

Порядок виконання роботи

1. Приготувати 25 мл збирача - 10% розчину ПАР в органічному розчиннику.
2. Методом ультразвукового диспергування приготувати 50 мл 1% водної емульсії збирача.
3. У 6 склянок ємністю 100 мл налити по 50 мл водного розчину досліджуваної солі важкого металу, виміряти рН розчину, за необхідності встановити задане значення рН.
4. До розчину солі металу по краплях, при ретельному перемішуванні додати певний об'єм водної емульсії збирача, який відповідає заданому мольному співвідношенню $Me : ПАР$.
5. Увімкнути заздалегідь зібрану флотаційну установку, до флотаційної колонки налити підготовану суміш солі металу та збирача, встановити задану викладачем витрату повітря, визначити час початку флотоекстракції.
6. Провести флотоекстракцію протягом заданого проміжку часу. Під час проведення флотоекстракції записувати спостереження, які відбуваються з емульсією.
7. Вимкнути флотаційну установку, вилити розчин після флотоекстракції у хімічну склянку, відібрати аліквотну частину розчину та визначити залишкову концентрацію (C) металу в ньому за методикою, наведеною в літературі [9].
8. Розрахувати ступінь (α , %) флотоекстакційного вилучення йона важкого металу за формулою

$$\alpha = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100,$$

де C_0 – вихідна концентрація солі важкого металу.

9. Результати розрахунків та спостережень внести в таблицю

Об'єкт дослідження _____

Збирач _____

рН розчину солі металу	Витрата збирача, моль ПАР/моль Me	Час флото-екстракції, хв	C, моль/л	α , %

10. Проаналізувати одержані дані.

11. Зробити висновок щодо доцільності використання флотоекстракції для вилучення йонів важких металів із водних розчинів, а також щодо впливу досліджуваного параметра на ефективність процесу флотоекстракції.

Лабораторна робота № 8

ФЛОТАЦІЙНЕ ВИЛУЧЕННЯ ЙОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ МЕТОДОМ СОРБЦІЙНОЇ ФЛОТАЦІЇ

Мета роботи. Встановити доцільність використання сорбційної флотації для вилучення йонів важких металів з водних розчинів.

Обладнання та реактиви. Аналітичні терези, флотаційна установка, ультразвуковий диспергатор, циліндр об'ємом 50 мл, іономір універсальний, секундомір, піпетки, гумова груша, фільтрувальний папір; парафін; 0,0001 М розчини солей купруму (II), нікелю (II), цинку, лантану, поверхнево-активні речовини (триалкіламін (ТАА), капринова, лауринова або міристинова кислоти), 0,1 М розчин калій гідроксиду, 0,1 М розчин нітратної кислоти.

Робота виконується за одним з варіантів за завданням викладача.

Варіант	Об'єкт дослідження	Збирач	pH розчину солі металу	Витрата збирача, моль ПАР: моль Me	Час флотації, хв
1	Розчин купрум (II) сульфату	Розчин капринової кислоти у парафіні	4,0	0,5 1,0 1,5 2,0	10
2	Розчин нікель (II) сульфату	Розчин лауринової кислоти у парафіні	4,0 6,0 8,0 10,0	1,0	10
3	Розчин цинк сульфату	Розчин міристинової кислоти у парафіні	4,0	1,0	2 5 10 15
4	Розчин лантан нітрату	Розчин ТАА в уайт-спириті	2,0	0,5 1,0 1,5 2,0	10
5	Розчин лантан нітрату	Розчин ТАА в уайт-спириті	4,0 6,0 8,0 10,0	1,0	10

Порядок виконання роботи

1. Розрахувати кількість ПАР і парафіну, необхідні для приготування 5 г збирача (носія) – 0,5 моляльного твердого розчину ПАР в парафіні.
2. Приготувати твердий розчин ПАР у парафіні. Для цього зважити необхідну кількість парафіну та ПАР, помістити наважку парафіну у фарфорову чашку, розплавити парафін на електроплитці, додати ПАР, перемішати та охолодити.
3. Методом ультразвукового диспергування приготувати 50 мл 1% водної суспензії збирача.
4. У 6 склянок ємністю 100 мл налити по 50 мл водного розчину досліджуваної солі важкого металу, виміряти pH розчину, за необхідності встановити задане значення pH.
5. До розчину солі металу по краплях, при ретельному перемішуванні додати певний об'єм водної суспензії збирача, який відповідає заданому мольному співвідношенню $Me : ПАР$.

6. Увімкнути заздалегідь зібрану флотаційну установку, до флотаційної колонки налити підготовану суміш солі металу та збирача, встановити задану викладачем витрату повітря, визначити час початку флотації.
7. Провести флотацію протягом заданого проміжку часу. Під час проведення флотації записувати спостереження, які відбуваються з суспензією.
8. Вимкнути флотаційну установку, вилити розчин після флотації у хімічну склянку, відібрати аліквотну частину розчину та визначити залишкову концентрацію (C) металу в ньому за методикою, наведеною в літературі [9].
9. Розрахувати ступінь ($\alpha, \%$) флотаційного вилучення йона важкого металу за формулою

$$\alpha = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100,$$

де C_0 – вихідна концентрація солі важкого металу.

10. Результати розрахунків та спостережень занести в таблицю

Об'єкт дослідження _____
Збирач _____

рН розчину солі металу	Витрата збирача, моль ПАР/моль Me	Час флотації, хв	C , моль/л	α , %

11. Проаналізувати одержані дані.
12. Зробити висновок щодо доцільності використання сорбційної флотації для вилучення йонів важких металів із водних розчинів, а також щодо впливу досліджуваного параметра на ефективність процесу флотації з носієм.

Лабораторна робота № 9

ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ СВІЖООСАДЖЕНИХ ГІДРОКСИДІВ ПОЛІВАЛЕНТНИХ МЕТАЛІВ

Мета роботи. Вивчити вплив ПАР на радіус частинок дисперсної фази свіжоосаджених гідроксидів полівалентних металів, коефіцієнт полідисперсності та питому поверхню.

Обладнання та реактиви. Аналітичні терези, торсіонні терези, циліндр об'ємом 50 мл, чашечка для зважування, іономір універсальний, пікнометр ємністю 5 мл, капілярний віскозиметр типу ВПЖ–2, секундомір, піпетки, гумова груша, фільтрувальний папір; 0,01 М розчини купрум (II), нікель (II), алюміній, ферум (III), лантан (III) сульфатів чи нітратів (за завданням викладача), істинні розчини (концентрація нижча за ККМ) калій алкілкарбоксилатів (калій капринат, лаурат або міристант – за завданням викладача), 0,1 М розчин калій гідроксиду.

Теоретична частина

Дисперсність є одним з основних технологічних параметрів речовин та матеріалів у багатьох виробництвах. Суспензії свіжоосаджених гідроксидів полівалентних металів є полідисперсними системами. В основі дисперсійного аналізу полідисперсних систем лежить уявлення про те, що системи складаються з декількох фракцій, які можна розглядати як окремі монодисперсні системи. Чим на більшу кількість фракцій розділена полідисперсна система, тим у більшому ступені для них можна використовувати кількісні співвідношення для монодисперсних систем.

Дисперсність полідисперсних систем характеризують середніми значеннями радіусів частинок дисперсної фази. Розрізняють три способи розрахунку середніх значень радіуса:

середньочисельне значення

$$\bar{r}_{cn} = \frac{\sum n_i \cdot r_i}{\sum n_i} \quad (9.1)$$

середньоповерхнєве значення

$$\bar{r}_{cn} = \frac{\sum n_i \cdot r_i^3}{\sum n_i \cdot r_i^2} \quad (9.2)$$

середньомасове значення

$$\bar{r}_{cm} = \frac{\sum n_i \cdot r_i^4}{\sum n_i \cdot r_i^3}, \quad (9.3)$$

де r_i – розмір частинок i -ої фракції; n_i – кількість частинок даної фракції.

В монодисперсній системі величини $\overline{r_{cч}}$, $\overline{r_{сн}}$, $\overline{r_{см}}$ мають однакові значення, а у полідисперсній системі вони різні. Чим вища полі дисперсність, тим більше розрізняються ці величини. Така закономірність обумовлена відносним зростанням питомої поверхні та кількості частинок в одиниці маси чи об'єму у порівнянні з питомим об'ємом (або масою) при зменшенні розміру частинок. Тому полідисперсність систем характеризують величиною коефіцієнта полідисперсності

$$P_i = \overline{r_{cч}} / \overline{r_{см}}. \quad (9.4)$$

Для монодисперсної системи коефіцієнт полідисперсності дорівнює одиниці, для полідисперсної системи він менший від одиниці.

Результати дисперсійного аналізу полідисперсних систем представляють також у вигляді диференціальних кривих розподілу частинок за розмірами, які характеризують ступінь полідисперсності системи.

Дисперсійний аналіз суспензій свіжоосаджених гідроксидів полівалентних металів доцільно проводити седиментаційним методом у гравітаційному полі. Цей метод можна використовувати, оскільки досліджувані системи є мікрогетерогенними. При седиментації розмір частинок визначають як радіус сферичної частинки такої ж самої густини, яка осідає зі швидкістю, рівною швидкості руху частинки (гідралічний, або ефективний, радіус). Щоб рівняння седиментації однієї частинки можна було використовувати для усієї сукупності частинок дисперсної системи, має виконуватися умова незалежності руху кожної частинки (розведені системи) та принцип ламінарного руху частинок.

Для розрахунку ефективного радіуса частинок дисперсної фази за даними седиментації у гравітаційному полі використовують рівняння:

$$r = \sqrt{\frac{9\eta H}{2g(\rho - \rho_0)\tau}}, \quad (9.5)$$

де r – радіус частинок дисперсної фази, м; η – динамічна в'язкість дисперсійного середовища, Па·с; ρ і ρ_0 – густина дисперсної фази та дисперсійного середовища

відповідно, кг/м^3 ; τ – час осадження частинок дисперсної фази, с; H – шлях, пройдений частинками при осіданні, м; g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 .

Експериментально одержують залежність маси осаду, що осів, від часу осадження, будують графік цієї залежності – криву седиментації, за яким визначають максимальну масу частинок, що осіли, і маси ($m_{fp.}$) певних фракцій (методом графічного диференціювання). Використовуючи одержані дані, розраховують масову частку певної фракції:

$$Q = \frac{m_{fp.}}{m_{max}} \cdot 100 \quad (9.6)$$

Питому поверхню ($S_{num.}$) частинок дисперсної фази можна розрахувати за допомогою рівняння, модифікованого для розрахунку питомої поверхні дисперсної фази полідисперсних систем

$$S_{num.} = \sum_{i=1}^n Q_i \frac{3}{r_i}, \quad (9.7)$$

де Q_i – масова частка частинок даної фракції; r_i – радіус частинок даної фракції.

Порядок виконання роботи

А) Дисперсійний аналіз свіжоосаджених гідроксидів полівалентних металів у відсутності ПАР

1. У циліндр налити 50 мл дистильованої води, занурити в неї чашечку для зважування і визначити її масу (m_0) за допомогою торсіонних терезів.
2. У хімічну склянку налити 50 мл розчину солі полівалентного металу (за завданням викладача), довести рН розчину до 11.
3. Перелити одержану суспензію гідроксиду металу до циліндру, швидко перемішати (у вертикальному напрямку), після чого швидко занурити в суспензію чашечку для зважування.
4. Вимірювати масу чашечки для зважування разом з осівшим осадом гідроксиду металу (m) за допомогою торсіонних терезів через 30 с (10 вимірів), 1 хв (10 вимірів), 2 хв (5 вимірів), 3 хв (5 вимірів), 5 хв (5 вимірів) і так далі, доки маса чашечки з осадом залишиться незмінною протягом 10 хв.

5. Виміряти відстань (H) від поверхні суспензії до поверхні чашечки для зважування за допомогою лінійки з точність ± 1 мм.
6. Розрахувати масу осаду $m_{oc.} = m - m_0$ для кожного моменту часу.
7. Побудувати седиментаційну криву – графік залежності $m_{oc.} = f(\tau)$.
8. За допомогою комп'ютерної програми Advensed Grapher 1.3 провести дотичні; за одержаними даними розрахувати маси фракцій $m_{фр.}$ для кожного моменту часу.
9. За рівнянням (9.6) розрахувати масову частку ($Q, \%$) кожної фракції.
10. Розділити дисперсну фазу та дисперсійне середовище суспензії досліджуваного гідроксиду полівалентного металу методом фільтрування.
11. Для визначення густини дисперсійного середовища (ρ_0) пікнометричним методом на аналітичних терезах зважити пустий пікнометр (m_0), пікнометр, заповнений до мітки дистильованою водою (m_1), той же пікнометр, заповнений до мітки дисперсійною фазою (m_2).
12. Розрахувати густину дисперсійного середовища за рівнянням

$$\rho_{d.c.} = \rho_{H_2O} \cdot \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}.$$

13. Для визначення динамічної в'язкості дисперсійного середовища (η_0) за допомогою капілярного віскозиметра тричі виміряти час витікання із капіляра дистильованої води (τ_{H_2O}) і час витікання із капіляра дисперсійного середовища (τ_0). Вимірювання проводити за допомогою секундоміра з точністю $\pm 0,01$ с.
14. Розрахувати в'язкість дисперсійного середовища за рівнянням

$$\eta_0 = \frac{\eta_{H_2O} \cdot \rho_0 \cdot \tau_0}{\rho_{H_2O} \cdot \tau_{H_2O}},$$

де η_{H_2O} – динамічна в'язкість дистильованої води за температури дослідів (Додаток 5); ρ_{H_2O} – густина дистильованої води за температури дослідів (Додаток 5).

15. За рівнянням (9.5) розрахувати радіус (r) частинок дисперсної фази кожної фракції; необхідні дані взяти у довіднику.
16. Розрахувати величину $\frac{\Delta Q}{\Delta r}$ і $r_{сер.}$ для кожної фракції.
17. Розрахувати середньочисельний $\overline{r_{сч}}$ та середньомасовий $\overline{r_{см}}$ радіуси, коефіцієнт полідисперсності $П_i$ за рівняннями (9.1, 9.3, 9.4).
18. Розрахувати питому поверхню $S_{пит.}$ за рівнянням (9.7).
19. Побудувати диференціальну криву розподілу частинок дисперсної фази за розмірами $\frac{\Delta Q}{\Delta r} = f(r_{сер.})$. Проаналізувати її.
20. Експериментальні та розрахункові дані внести до табл. 1.

Таблиця 1

Дисперсійний аналіз свіжоосажденного гідроксиду полівалентного металу у відсутності ПАР

Об'єкт дослідження _____

τ , с	$m_{ос.}$, мг	$m_{фр.}$, мг	Q , %	r , м	Δr , м	$r_{сер.}$, м	ΔQ , %	$\frac{\Delta Q}{\Delta r}$, М ⁻¹	$\overline{r_{сч}}$, м	$\overline{r_{см}}$, м	$П_i$	$S_{пит.}$, м ² /г

Б) Дисперсійний аналіз свіжоосаджених гідроксидів полівалентних металів у присутності ПАР

- У циліндр налити 50 мл дистильованої води, занурити в неї чашечку для зважування і визначити її масу (m_0) за допомогою торсіонних терезів.
- У хімічну склянку налити 50 мл розчину солі полівалентного металу (за завданням викладача), довести рН розчину до 11.
- До одержаної суспензії свіжоосажденного гідроксиду полівалентного металу по краплях, при ретельному перемішуванні додати розчин калій алкілкарбоксилату у кількості, що відповідає концентрації ПАР $1,0 \cdot 10^{-4}$ – $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л (за завданням викладача).

4. Перелити одержану суміш у конічну колбу ємністю 100 мл, помістити її до термостату з температурою 25, 37 або 45°C (за завданням викладача) при увімкненій вібрації та залишити на 30 хв.
5. Провести операції, описані в п.п. 3 – 19 варіанту роботи (А).
6. Експериментальні та розрахункові дані внести до табл.2.

Таблиця 2

Дисперсійний аналіз свіжоосажденного гідроксиду полівалентного металу у присутності ПАР

Об'єкт дослідження _____

ПАР _____

Концентрація ПАР _____

τ , с	$m_{oc.}$, мг	$m_{фр.}$, мг	Q , %	r , м	Δr , м	$r_{сер.}$, м	ΔQ , %	$\frac{\Delta Q}{\Delta r}$, м ⁻¹	$\overline{r_{сч}}$, м	$\overline{r_{см}}$, м	$П_i$	$S_{нит.}$, м ² /Г

7. Зробити висновок щодо впливу ПАР (довжини вуглеводневого радикалу, концентрації) та температури на коефіцієнт полідисперсності та питому поверхню досліджуваного свіжоосажденного гідроксиду полівалентного металу. Пояснити одержані дані.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Охарактеризуйте принципи здійснення флотаційного процесу.
2. Наведіть визначення понять колігенд, збирач, сублат.
3. Охарактеризуйте осаджувальну флотацію. Які різновиди методу Ви знаєте?
4. Яким чином концентраційні діаграми стану розчинів сублатів застосовуються для вирішення питань щодо вибору умов флотаційної очистки екологічно небезпечних стічних вод.
5. Проаналізуйте діаграму стану розчинів сублатів з точкою Крафта.

6. Охарактеризуйте флотоекстракцію. Які різновиди методу Ви знаєте? Яким вимогам мають відповідати реагенти.
7. Охарактеризуйте флотацію з носієм (сорбційну флотацію). Які різновиди методу Ви знаєте? Яким вимогам мають відповідати реагенти.
8. Проаналізуйте електрокінетичні властивості колоїдних частинок сублатів.
9. Охарактеризуйте вплив довжини вуглеводневого радикалу ПАР-осаджувача на розчинність сублатів.
10. Охарактеризуйте вплив природи полярної групи ПАР-осаджувача на розчинність сублатів.
11. Охарактеризуйте вплив природи та заряду катіона металу, який осаджується, на розчинність сублатів.
12. Який фізичний зміст мають величини pH_1 і pH_2 , рохраховані за методикою Л.Д.Скрильова та В.Ф.Сазонової?
13. Зіставте колоїдно-хімічні властивості сублатів із колоїдно-хімічними властивостями збирачів (водорозчинних ПАР).
14. Проаналізуйте вплив добавок ПАР на розмір частинок дисперсної фази та питому поверхню суспензій свіжоосаджених гідроксидів полівалентних металів?
15. Напишіть будову міцели сублату, утвореного внаслідок взаємодії стехіометричних кількостей розчинів калій хромату і додециламоній хлориду.
16. Напишіть будову міцели сублату, утвореного внаслідок взаємодії розчину алюміній хлориду з надлишком розчину калій етилксантогенату.
17. Напишіть будову міцели сублату, утвореного внаслідок взаємодії надлишку розчину ферум (III) сульфату з розчином калій тетрадецилсульфонату.
18. Напишіть будову міцели сублату, утвореного внаслідок взаємодії стехіометричних кількостей розчинів нікель сульфату і калій додецилфосфату.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Скрылев Л.Д., Сазонова В.Ф. Коллоидно-химические основы защиты окружающей среды. Ионная флотация. – Киев: УМК ВО, 1992.
2. Сазонова В.Ф., Бельдїй М.Г., Кожемяк М.А., Перлова О.В. Экспериментальное и теоретическое исследование концентрирования ионов поливалентных металлов // Вісник ОНУ. – 2003. – Т.8, вип.3 – 4. – С. 41 – 65.
3. Себба Ф. Ионная флотация / Феликс Себба ; [пер. с англ. В. П. Неберы, А. М. Гольмана]. – М. : Metallurgia, 1965. – 170 с.
4. Кузькин С. Ф. Флотация ионов и молекул / С. Ф. Кузькин, А. М. Гольман. – М. : Недра, 1971. – 136 с.
5. Гольман А. М. Ионная флотация / Александр Максович Гольман. – М. : Недра, 1982. – 144 с.
6. Русанов А. И. Поверхностное разделение веществ. Теория и методы / Русанов А. И., Левичев С. А., Жаров В. Т. – Л. : Химия, 1981. – 184 с.
7. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод. /А.К.Запольський, Н.А.Мішкова-Клименко, І.М.Астрелін та ін.- Київ: Лібра, 2000.
8. Родионов А. И. Техника защиты окружающей среды / Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. ; [учебник для вузов; 2-е изд. перераб. и доп.]. – М. : Химия, 1989. – 512 с.
9. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод / Юлий Юльевич Лурье. – М. : Химия, 1973. – 376 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://www.twirpx.com/confirm/done/>
2. <http://elibrary.ru/issues.asp?id=2957&selid=590499>
3. <http://pubs.acs.org/journal/langd5>

Додаток 1

Константи дисоціації (K_a) насичених карбонових кислот R_nCOOH у воді

<i>n</i>	2	3	4	6	8	10	15	17
$K_a \cdot 10^5$	1,81	1,32	1,50	1,40	1,41	1,42	0,17	0,26

Додаток 2

Розчинність алкілкарбоксилатів полівалентних металів $(R_nCOO)_zMe$, вищих жирних кислот R_nCOOH та гідроксидів полівалентних металів $Me(OH)_z$ у воді

Йон металу	Розчинність, моль/л					
	Довжина вуглеводневого радикалу					$Me(OH)_z$
	<i>9</i>	<i>11</i>	<i>13</i>	<i>15</i>	<i>17</i>	
Ag^+	$1,41 \cdot 10^{-4}$	$2,24 \cdot 10^{-5}$		$5,89 \cdot 10^{-4}$	$3,16 \cdot 10^{-4}$	
Mg^{2+}	$1,11 \cdot 10^{-3}$	$1,44 \cdot 10^{-4}$	$1,90 \cdot 10^{-5}$	$2,65 \cdot 10^{-6}$	$3,44 \cdot 10^{-7}$	$5,95 \cdot 10^{-4}$
Ca^{2+}	$3,46 \cdot 10^{-4}$	$3,94 \cdot 10^{-5}$	$5,66 \cdot 10^{-6}$	$7,46 \cdot 10^{-7}$	$1,72 \cdot 10^{-7}$	$1,36 \cdot 10^{-2}$
Sr^{2+}		$9,54 \cdot 10^{-5}$	$1,52 \cdot 10^{-5}$	$1,96 \cdot 10^{-6}$	$2,79 \cdot 10^{-7}$	
Ba^{2+}		$6,80 \cdot 10^{-5}$	$8,37 \cdot 10^{-6}$	$9,46 \cdot 10^{-7}$	$1,29 \cdot 10^{-7}$	
Cu^{2+}	$3,16 \cdot 10^{-5}$	$3,98 \cdot 10^{-6}$	$7,35 \cdot 10^{-7}$	$9,98 \cdot 10^{-8}$	$2,51 \cdot 10^{-8}$	$2,18 \cdot 10^{-7}$
Zn^{2+}			$1,31 \cdot 10^{-6}$	$1,99 \cdot 10^{-7}$	$3,33 \cdot 10^{-8}$	$4,23 \cdot 10^{-6}$
Cd^{2+}	$2,67 \cdot 10^{-4}$	$2,32 \cdot 10^{-5}$	$3,11 \cdot 10^{-6}$	$3,91 \cdot 10^{-7}$	$7,07 \cdot 10^{-8}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$
Hg^{2+}		$1,39 \cdot 10^{-4}$	$2,04 \cdot 10^{-5}$	$2,57 \cdot 10^{-6}$		
Pb^{2+}	$2,53 \cdot 10^{-5}$	$2,92 \cdot 10^{-6}$	$2,77 \cdot 10^{-7}$	$3,28 \cdot 10^{-8}$	$4,71 \cdot 10^{-9}$	$1,71 \cdot 10^{-7}$
Mn^{2+}	$7,81 \cdot 10^{-4}$	$4,29 \cdot 10^{-5}$	$6,55 \cdot 10^{-6}$	$1,05 \cdot 10^{-6}$	$1,37 \cdot 10^{-7}$	$3,41 \cdot 10^{-5}$
Co^{2+}	$5,57 \cdot 10^{-4}$	$5,40 \cdot 10^{-5}$	$7,69 \cdot 10^{-6}$	$9,68 \cdot 10^{-7}$	$1,30 \cdot 10^{-7}$	$4,63 \cdot 10^{-6}$
Ni^{2+}	$5,83 \cdot 10^{-4}$	$8,37 \cdot 10^{-5}$	$1,07 \cdot 10^{-5}$	$1,37 \cdot 10^{-6}$		$6,85 \cdot 10^{-5}$
$AlOH^{2+}$	$8,05 \cdot 10^{-9}$	$6,65 \cdot 10^{-10}$	$1,86 \cdot 10^{-10}$	$3,13 \cdot 10^{-11}$		
$FeOH^{2+}$	$1,05 \cdot 10^{-8}$	$9,25 \cdot 10^{-10}$	$7,35 \cdot 10^{-11}$	$1,25 \cdot 10^{-11}$		
La^{3+}		$6,08 \cdot 10^{-7}$	$9,47 \cdot 10^{-8}$	$1,01 \cdot 10^{-8}$	$1,54 \cdot 10^{-9}$	$1,65 \cdot 10^{-6}$
Cr^{3+}	$1,62 \cdot 10^{-4}$	$1,70 \cdot 10^{-5}$	$1,78 \cdot 10^{-6}$	$1,78 \cdot 10^{-7}$	$1,34 \cdot 10^{-8}$	$1,85 \cdot 10^{-8}$
R_nCOOH	$4,27 \cdot 10^{-5}$	$8,04 \cdot 10^{-6}$	$1,72 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$4,57 \cdot 10^{-7}$	

Додаток 3

Критичні концентрації міцелоутворення ПАР у водних розчинах

ПАР	Формула	ККМ, моль/л
Натрій деканоат (капринат)	$C_9H_{19}COONa$	$9,4 \cdot 10^{-2}$
Натрій додеканоат (лаурат)	$C_{11}H_{23}COONa$	$2,4 \cdot 10^{-2}$
Натрій тетрадеканоат (міристант)	$C_{13}H_{27}COONa$	$6,9 \cdot 10^{-3}$
Натрій додецилсульфат	$C_{12}H_{25}OSO_3Na$	$8,2 \cdot 10^{-3}$
Натрій тетрадецилсульфат	$C_{14}H_{29}OSO_3Na$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
Натрій додецилсульфонат	$C_{12}H_{25}SO_3Na$	$9,8 \cdot 10^{-3}$

Додаток 4Показник ступеню n в рівнянні Геллера в залежності від параметру z

n	3,812	3,686	3,573	3,436	3,284	3,121	3,060	2,807	2,657	2,533	2,457	2,379
z	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5

Додаток 5

Густина та в'язкість води при різних температурах

$t, ^\circ C$	15	16	17	18	19	20	21	22	23
$\rho, \text{кг/м}^3$	999,13	998,97	998,80	998,62	998,43	998,23	998,02	997,80	997,57
$\eta, \text{мПа}\cdot\text{с}$	1,138			1,050		1,002	0,981	0,958	0,936