

**ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ І ХАРЧОВОЇ  
ПРОМИСЛОВОСТІ**

УДК 665.23

<https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2021.2.12>**О.С. КОНДЯ**Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-5920-2406**О.Я. СЕМЕШКО**Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-8309-5273**Ю.Г. САРИБЕКОВА**Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-6430-6509**Т.С. АСАУЛЮК**Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-5961-6895**Н.С. СКАЛОЗУБОВА**Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-6048-4068**ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ ПІД ВПЛИВОМ  
ЕЛЕКТРОЛІТІВ ЛУЖНИХ МЕТАЛІВ**

*Зростання конкуренції на світовому ринку стимулює товаровиробників вживати заходів щодо збільшення ефективності виробництва і мінімізації витрат. Видобуток вовняного жиру з промивної води є не тільки однією із стадій очищення стічної води, а й прикладом повної переробки сировини. Вовняний жир є сировиною для отримання цінної речовини – ланоліну, яку використовують в косметичній, харчовій та фармацевтичній промисловості.*

*Застосування нових технологій промивання вовни з використанням синтетичних поверхнево-активних речовин активізує питання щодо розробки нових і модифікації існуючих технологій жировидобування. Можливим варіантом модифікації загальновідомої флотаційно-сепараційної технології є застосування солей лужних металів, які мають комбіновану дію. Вони зменшують агрегативну стійкість емульсії шляхом стискання дифузійного шару подвійного електричного шару частинок жиру.*

*Мікроскопічним методом встановлено, що досліджувана емульсія полідисперсна, оскільки має відмінності серед значень середньочисельного та середньомасового діаметрів – 2,24 мкм та 4,96 мкм відповідно. Результати визначення фракційного складу показали, що частинки вовняного жиру розміром до 4 мкм складають 91,5% усіх часточок, а на 1% найкрупніших частинок, розміри яких становлять 6-11 мкм, припадає 28,9% маси дисперсної фази.*

*В ході роботи визначали дзета-потенціал мікрофлоретичним методом, як показник стабільності емульсії. Визначено, що використання електролітів лужних металів знижує агрегативну стійкість емульсії, яка стабілізована аніонною поверхнево-активною речовиною – сульфанолам. Встановлено, що внаслідок впливу концентраційного та геометричного (розмір катіону) факторів у діапазоні концентрацій електролітів 0-50 г/л є доцільним застосування хлоридів лужних металів, оскільки вони призводять до кращих результатів зміни дзета-потенціалу.*

*Результати дослідження підтверджують можливість застосування даних електролітів для модифікації існуючої технології отримання вовняного жиру.*

*Ключові слова: вовняний жир, агрегативна стійкість, дзета-потенціал, дисперсність, коагуляція.*

**О.С. КОНДЯ**Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-5920-2406**О.Я. СЕМЕШКО**Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-8309-5273**Ю.Г. САРИБЕКОВА**

Херсонський національний технічний університет

ORCID: 0000-0001-6430-6509

Т.С. АСАУЛЮК

Херсонський національний технічний університет

ORCID: 0000-0001-5961-6895

Н.С. СКАЛОЗУБОВА

Херсонський національний технічний університет

ORCID: 0000-0001-6048-4068

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ЭМУЛЬСИОННЫХ СИСТЕМ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ

*Возрастание конкуренции на мировом рынке стимулирует товаропроизводителей принимать меры по увеличению эффективности производства и минимизации расходов. Добыча шерстного жира из промывной воды является не только одной из стадий очистки сточной воды, но и примером полной переработки сырья. Шерстный жир является сырьем для получения ценного вещества – ланолина, который используется в косметической, пищевой и фармацевтической промышленности.*

*Применение новых технологий промывки шерсти с использованием синтетических поверхностно-активных веществ активизирует вопрос о разработке новых и модификации существующих технологий жириозвлечения. Возможным вариантом модификации существующей флотационно-сепарационной технологии является применение солей щелочных металлов, которые имеют комбинированное действие. Они уменьшают агрегативную устойчивость эмульсии путем сжатия диффузного слоя двойного электрического слоя частичек жира.*

*Микроскопическим методом установлено, что исследуемая эмульсия полидисперсна, поскольку имеет различия среди значений среднечисленного и среднемассового диаметров – 2,24 мкм и 4,96 мкм соответственно. Результаты определения фракционного состава показали, что частицы шерстного жира размером до 4 мкм составляют 91,5% всех частиц, а на 1% крупных частиц, размеры которых составляют 6-11 мкм, приходится 28,9% массы дисперсной фазы.*

*В ходе работы определяли дзета-потенциал микрофоретическим методом, как показатель стабильности эмульсии. Определено, что использование электролитов щелочных металлов снижает агрегативную устойчивость эмульсии, которая стабилизирована анионным поверхностно-активным веществом – сульфанолам. Установлено, что в результате действия концентрационного и геометрического (размер катиона) факторов в диапазоне концентраций электролитов 0-50 г/л целесообразно применение хлоридов щелочных металлов, поскольку они приводят к лучшим результатам изменения дзета-потенциала.*

*Результаты исследований подтверждают возможность применения данных электролитов для модификации существующей технологии получения шерстного жира.*

*Ключевые слова: шерстный жир, агрегативная устойчивость, дзета-потенциал, дисперсность, коагуляция.*

O.S. KONDIA

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0001-5920-2406

O.Ya. SEMESHKO

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0002-8309-5273

Yu.G. SARIBYEKOVA

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0001-6430-6509

T.S. ASAULYUK

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0001-5961-6895

N.S. SKALOZUBOVA

Kherson National Technical University

ORCID: 0000-0001-6048-4068

## RESEARCH OF THE INFLUENCE OF ALKALI METALS ELECTROLYTES ON STABILITY OF WOOL GREASE EMULSION IN WASHED WATER

*Increased competition in the world market stimulates manufacturers to take measures to increase production efficiency and minimize costs. Extraction of wool grease from wash water is not only one of the stages of waste water purification, but also an example of complete processing of raw materials. Wool grease is a raw material for obtaining a valuable substance – lanolin, which is used in the cosmetic, food and pharmaceutical industries.*

*The use of new technologies for washing wool with the use of synthetic surfactants activates the issue of developing new and modifying existing technologies for grease extraction. A possible modification of the existing flotation and separation technology is the use of alkali metal salts, which have a combined effect. They reduce the aggregate stability of emulsion by compressing the diffuse layer of electrical double layer of grease particles.*

*By microscopic method, it is determined that investigated emulsion is polydisperse, as it has differences between the values of average number and average mass diameters – 2,24  $\mu\text{m}$  and 4,96  $\mu\text{m}$ , respectively. The results of determination the fractional composition are showed that wool grease particles up to 4  $\mu\text{m}$  constitute 91.5% of all particles, and 1% of the largest particles, whose dimensions are 6 – 11  $\mu\text{m}$ , account for 28.9% of the mass of dispersed phase.*

*In the course of research, the zeta-potential was determined by the microphoretic method, as an indicator of emulsion stability. As a result of the work, it was established that the use of alkali metal electrolytes reduced the aggregate stability of emulsion, which was stabilized by an anionic surfactant – sulfanol. Due to the influence of concentration and geometric (cation size) factors in the range of electrolyte concentrations of 5 – 50 g/l, it is advisable to use alkali metal chlorides, since it leads to better results of changing the zeta-potential.*

*The results of the study confirm the possibility of using these electrolytes to modify the existing technology of wool grease extraction.*

*Key words: wool grease, aggregative stability, zeta-potential, dispersion, coagulation.*

### **Постановка проблеми**

Розвиток хімічних технологій та нерівномірний розподіл фінансових ресурсів спричинили збільшення попиту на дешеву текстильну продукцію із штучних волокон. Зменшення потреби у вовні призвело до економічних втрат підприємств цієї галузі. За таких умов зростає актуальність питання раціонального використання сировини у виробництві з метою підвищення конкурентоспроможності підприємств [1]. Підвищити рентабельність переробки вовни можливо вилученням з промивної води цінного компоненту – вовняного жиру. Класична флотаційно-сепараційна технологія вилучення жиру добре вивчена для промивної води, отриманої з використанням мильно-содового розчину [2]. Однак, на даний час для первинної обробки вовни використовують синтетичні поверхнево-активні речовини (ПАР). Їх застосування полегшує процес очищення вовни від забруднень жирового та мінерального походження з утворенням стійких багатофазних систем, у яких ПАР часто виступають стабілізаторами частинок жиру. Такі емульсійні системи надзвичайно важко зруйнувати, через це постає необхідність пошуку шляхів інтенсифікації процесів вилучення вовняного жиру із стабілізованих гетерогенних систем.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Протягом останнього часу підвищення ефективності технології вилучення вовняного жиру з промивної води досліджується у двох напрямках:

- 1) розробка нових технологій промивання вовни, заснованих на інноваційних методах;
- 2) модифікація існуючої класичної флотаційно-сепараційної технології.

Серед нових технологій відоме застосування ультразвукового випромінювання. Така технологія представляє собою обробку вовни без використання реагентів в каскаді проточних реакторів, які оснащені трубчатими випромінювачами. В процесі кавітації відбувається інтенсифікація промивання вовни. Подальша коагуляція жиру відбувається в холодильній камері, куди подають отриману емульсію. Для очищення жирової фази використовують центрифуги та мембранні фільтри [3].

Як альтернативний спосіб вилучення вовняного жиру запропоновано використання методу електродіалізу у трьохкамерному апараті. В середині розташовуються анодна, а по краях – дві катодні камери, які містять розчини лугу у концентрації 40 г/л. Під впливом струму на електродах спостерігається виділення газу та утворення піни, що містить жир. При цьому відділення жиру з промивних вод перевищує 90% при 40 хв. обробки [4].

Зазначені технології мають ряд недоліків:

- 1) відсутність інформації щодо впливу струму на якісний склад промивної води;
- 2) відсутність інформації щодо можливості використання різних типів ПАР;
- 3) необхідність витрат на повну або часткову заміну обладнання, його впровадження та підготовку персоналу до нових технологічних процесів;
- 4) поява небезпечних умов праці – виділення вибухонебезпечних газів під час електролізу.

Перспективним напрямом дослідження являється удосконалення існуючої технології, заснованої на розділенні емульсії під дією відцентрових сил. При цьому підвищення ефективності жировидобування відбувається внаслідок впливу на дисперсійне середовище – воду – шляхом зміни фізичних показників (густина, в'язкість), та частинок дисперсної фази – вовняного жиру – шляхом зменшення їх агрегативної стійкості, та як наслідок розмірів частинок жиру.

Осадово-екстракційний метод вилучення жиру, заснований на використанні коагулянтів, не знайшов широкого застосування у промисловості через складну технологію вилучення жиру з осаду [5].

Відомо, що додавання електролітів з полівалентними іонами до ліофобних золів зменшує їх стійкість та призводить до коагуляції [6]. Однак при введенні таких речовин у промивну воду відбувається осадження дисперсної фази, в першу чергу, за рахунок утворення нерозчинних сполук полівалентного катіону електроліту та залишків жирних кислот – продуктів гідролізу вовняного жиру або компонентів, які входять до складу миючих засобів [7]. З огляду на це більш перспективним напрямом дослідження є застосування електролітів, які зменшують стійкість емульсії, але не взаємодіють з компонентами промивної води та не утворюють осадів.

#### Формування мети дослідження

Метою даної роботи є вивчення впливу солей лужних металів на агрегативну стійкість емульсії вовняного жиру у промивній воді, отриманій із застосуванням синтетичної ПАР – сульфанолю.

#### Викладення основного матеріалу дослідження

Низька ефективність вилучення вовняного жиру із промивної води методом центрифугування пояснюється тим, що значна кількість частинок дисперсної фази (жиру) має розміри менше 1 мкм та при цьому стабілізовані ПАР [8]. Стійкість таких гетерогенних систем пояснюється адсорбцією ПАР на поверхні розділу фаз, зменшенням поверхневого натягу та виникненням додаткового електростатичного фактору стабілізації. Орієнтовані у дисперсійне середовище гідрофільні групи, що входять до складу ПАР, сприяють утворенню на поверхні частинок подвійного електричного шару. При застосуванні миючих засобів заряд потенціалвизначальних іонів на поверхні частинки визначається типом іонактивної ПАР, яка адсорбується на її поверхні. Так аніонактивні ПАР створюють негативний заряд, катіонактивні – позитивний, при застосуванні амфотерних ПАР заряд залежить від показника рН. Протиіони в просторі розташовані нерівномірно: існує адсорбційний шар з максимальним вмістом протиіонів, який досить щільно прилягає до поверхні потенціалвизначальних іонів, і дифузійний шар, в якому концентрація протиіонів зменшується зі збільшенням відстані від поверхні частинки до значення концентрації, що дорівнює концентрації в розчині.

Показником стабільності гетерогенної системи є значення  $\zeta$ -потенціалу – потенціалу на місті розриву дифузійного шару під час руху частинки. Зменшення абсолютного значення даного показника нижче 30 мВ свідчить про низьку стійкість гетерогенної системи [9]. Отже, шляхом визначення  $\zeta$ -потенціалу емульсійних систем з додаванням солей лужних металів можливо охарактеризувати відповідну емульсійну систему з погляду її агрегативної стійкості.

На першому етапі роботи було досліджено дисперсність вихідної емульсійної системи. Дослідженню підлягала промивна вода, отримана після очищення мериносової вовни. Промивання вовни проводили розчином із вмістом сульфанолю 1 г/л при температурі 55°C. Для видалення осаду та міцел ПАР отриману емульсію центрифугували протягом 30 с зі швидкістю 500 об./хв. Вміст вовняного жиру у досліджуваній емульсії, визначений шляхом екстракції петролейним етером в апараті Сокслета [10], становив 5,6 г/л.

Дисперсність вихідної емульсійної системи вивчено за мікрофотографіями, отриманими за допомогою мікроскопа Optima Discoverer 40x-1280x з камерою. При цьому було визначено наступні параметри досліджуваної емульсії: середньочисельний діаметр  $\bar{d}_n$ , середньомасовий діаметр  $\bar{d}_w$ , полідисперсність  $\Pi$ , масовий вміст кожної фракції  $\Delta Q_{wi}$ , кількісний вміст кожної фракції  $\Delta Q_{ni}$  [11]. Розрахунки проводили за формулами (1-5):

$$\bar{d}_n = \sum_i \frac{n_i}{\sum_i n_i} \cdot d_i, \quad (1)$$

де  $n_i$  – кількість частинок  $i$ -ої фракції;

$d_i$  – діаметр частинок  $i$ -ої фракції, мкм.

$$\bar{d}_w = \sum_i \frac{n_i \cdot d_i^3}{\sum_i n_i \cdot d_i^3} \cdot d_i; \quad (2)$$

$$\Pi = \frac{\bar{d}_n}{\bar{d}_w}; \quad (3)$$

$$\Delta Q_{wi} = \frac{n_i \cdot d_i^3}{\sum_i n_i \cdot d_i^3} \cdot 100; \quad (4)$$

$$\Delta Q_{ni} = \frac{n_i}{\sum_i n_i} \cdot 100. \quad (5)$$

Результати дисперсійного аналізу вихідної емульсії вовняного жиру представлені в табл. 1.

Таблиця 1

## Характеристика дисперсної фази – вовняного жиру в промивній воді

Показник	Значення
Середньочисельний діаметр $\bar{d}_n$ , мкм	2,24
Середньомасовий діаметр $\bar{d}_w$ , мкм	4,96
Полідисперсність П	0,451

Отримані дані (табл. 1) показують, що вихідна емульсійна система характеризується різними значеннями середньочисельного та середньомасового діаметрів – 2,24 мкм та 4,96 мкм відповідно. У досліджуваній емульсії відбулась часткова коагуляція частинок жиру внаслідок впливу відцентрових сил. Це сприятиме інтенсифікації процесу коагуляції, оскільки частинки більшого розміру внаслідок гравітаційних сил будуть мати більшу кінетичну енергію при зіштовхуванні з іншими частинками. Крім того, встановлено, що отримана гетерогенна система не є монодисперсною, оскільки має показник полідисперсності 0,45.

На основі отриманих даних побудовано криві кількісного та масового розподілу частинок дисперсної фази – вовняного жиру, які представлено на рис. 1, 2.

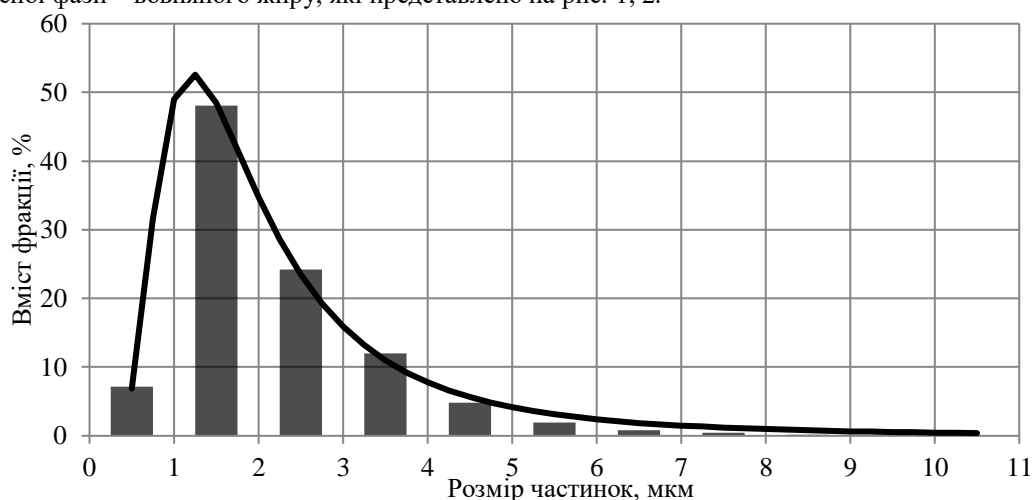


Рис.1. Кількісний розподіл часток жиру за фракціями в промивній воді:

$$y = 4972 \cdot 0,0097^{\frac{1}{x}} \cdot x^{-3,828}, R^2 = 0,999, S = 0,857$$

На рис. 1 показано кількісний розподіл частинок жиру за фракціями. Найбільша кількість частинок вовняного жиру знаходиться серед фракцій, розміри яких сягають 1-2 мкм – 48,1% та 2-3 мкм – 24,2%. При цьому кількість частинок з розмірами 3-4 мкм складає 12,0%, а до 1 мкм – 7,2%. Таким чином, частинки розміром до 4 мкм складають 91,5% від усієї кількості і при таких крупних розмірах на емульсію не впливає броунівський рух як стабілізуючий фактор. Колоїдна стабільність досліджуваної емульсії пояснюється наявністю адсорбційного шару ПАР на поверхні жирових частинок.

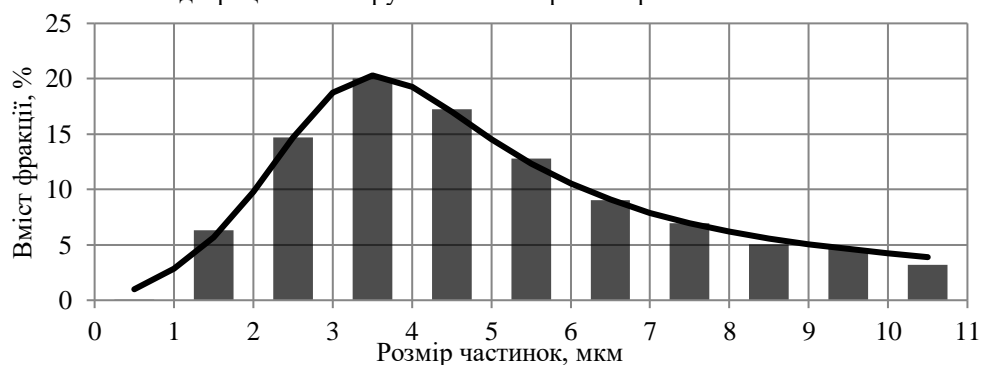


Рис. 2. Масовий розподіл часток жиру за фракціями в промивній воді:

$$y = \frac{-0,1506 + 1,848 \cdot x}{1 - 0,4817 \cdot x + 0,0814 \cdot x^2}, R^2 = 0,997, R^2 = 0,56$$

На рис. 2 показано масовий розподіл частинок, коли порівнюється маса (об'єм) певної фракції дисперсної фази з масою всього жиру у гетерогенній системі. Збільшення лінійних розмірів частинок дисперсної фази суттєво впливає на масовий розподіл, оскільки значення об'єму має кубічну залежність від лінійного розміру. Для досліджуваного зразка встановлено, що найбільша за кількістю фракція – 1-2 мкм складає лише 6,3% від всієї маси вовняного жиру. Пік масового розподілу фаз являється більш гладким порівняно з кількісним розподілом, що свідчить про більш рівномірний розподіл маси жиру за фракціями. Найбільше вовняного жиру за масою зосереджено у фракції з розмірами 3-4 мкм.

Після зіставлення результатів кількісного і масового розподілу часток жиру (рис. 1, 2) встановлено, що на 1% часток вовняного жиру, розміри яких становлять 6-11 мкм, припадає 28,9% маси дисперсної фази. Вся інша маса жиру розподілена між фракціями з розмірами менше 6 мкм.

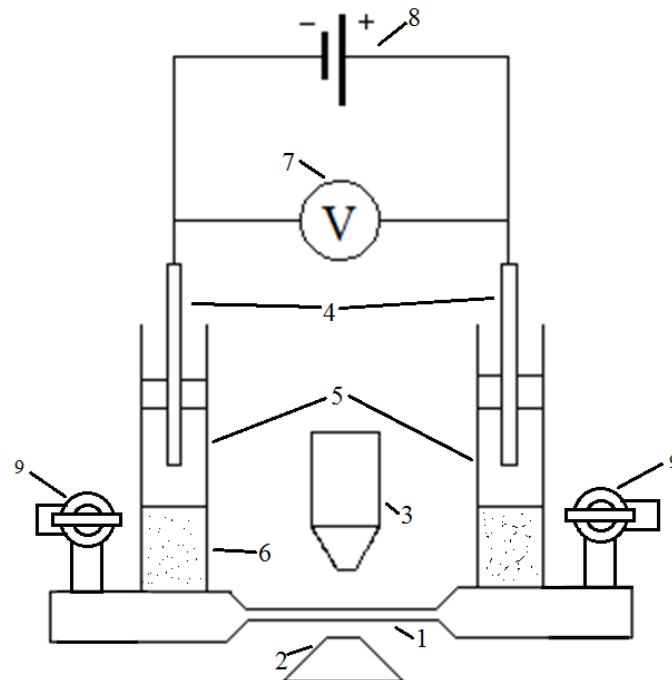
Збільшення маси і об'єма частинки вовняного жиру сприяють збільшенню сили тяжіння до неї інших часток, що знаходяться поруч, та збільшують кінетичну енергію внаслідок зростання сили Архімеда. В нашому випадку емульсія залишається стабільною, оскільки стабілізована ПАР, а велике значення середньомасового діаметра обумовлено наявністю невеликої кількості великих агрегатів.

Після визначення дисперсності вихідної системи було вивчено вплив електролітів на її стійкість. Це дозволить оцінити можливість застосування цього методу для інтенсифікації вилучення вовняного жиру з промивної води без небажаного хімічного перетворення його компонентів.

З метою зниження агрегативної стійкості жировмісної води було обрано середні солі лужних металів:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KCl}$ . Дані солі не реагують з компонентами промивної води та не впливають на рН емульсії, що важливо для мінімізації втрат жиру через його гідроліз.

Як вже було зазначено, стабільність емульсії забезпечується за рахунок механічного фактору внаслідок адсорбції ПАР на поверхні жиру та електрокінетичного фактору внаслідок орієнтації полярних груп сульфанола у дисперсійне середовище – воду. Значення  $\zeta$ -потенціалу дає уявлення про величину сили електростатичного відштовхування між частинками з однойменнозарядженою поверхнею.

Отже, стабільність емульсії при додаванні електролітів було оцінено значенням  $\zeta$ -потенціалу як показника стабільності дисперсної системи шляхом вимірювання електрофоретичної рухливості частинки дисперсної фази в електричному полі (рис. 3). Фіксування руху частинки проводилось за допомогою оптичного мікроскопа. Напряму на вимірювальну камеру подавали через систему «мідний електрод – розчин  $\text{CuSO}_4$  – електролітичний місток агар-агарового гелю хлоридом калію» для запобігання процесу електролізу [12].



**Рис. 3. Схема установки для визначення швидкості електрофорезу мікроскопічним методом:**

1 – вимірювальна камера зі зразком; 2 – конденсатор для освітлення зразка; 3 – об'єктив мікроскопа;

4 – мідні електроди; 5 – насичений розчин  $\text{CuSO}_4$ ; 6 – електролітичний місток; 7 – мілівольтметр;

8 – джерело постійного струму; 9 – патрубки з кранами для заміни розчину.

Вимірювальна ювета представляє собою скляну плоску камеру з відводами для з'єднання з електродами, відстань між внутрішніми паралельними пластинками складає 1 мм. Для зменшення впливу електроосмотичної швидкості фіксування руху частинок проводили на глибині камери 0,21 та 0,79 мм,

оскільки на цьому рівні на частинки не діють електроосмотичні сили. Для більшої точності досліди повторювали 30 разів при зміні напруги на електродах у діапазоні 10-20 В та зміні полярності. Досліди проводили при температурі 25°C. Концентрація солей змінювалась у діапазоні 0-50 г/л.

Розрахунок  $\zeta$ -потенціалу проводили за формулою Гельмгольца-Смолуховського (6):

$$\zeta = \frac{U_{ef} \cdot \eta}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0} = \frac{U \cdot \eta}{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot E} = \frac{l \cdot \eta \cdot h}{t \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot U_{напр}}, \quad (6)$$

де  $\eta$  – динамічна в'язкість середовища, Па·с;

$\varepsilon_0$  – електрична постійна, Ф/м;  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;

$\varepsilon$  – діелектрична проникність дисперсійного середовища;

$E$  – напруженість електричного поля, В/м;

$U_{ef}$  – електрофоретична рухливість, (м/с)/(В/м);

$l$  – відстань, яку пройшла частинка в електричному полі, м;

$t$  – час руху частинки, с;

$h$  – відстань між мідними електродами, м;  $h = 0,13$  м;

$U_{напр}$  – напруга між електродами, м.

Динамічну в'язкість визначали за показниками густини відповідного розчину солі та кінематичної в'язкості води для заданої температури [13, 14]. Відносну діелектричну проникність розчинів солей  $\varepsilon$  – за показником вмісту відповідної солі у розчині [14-16]. Результати дослідження представлені на рис. 4.

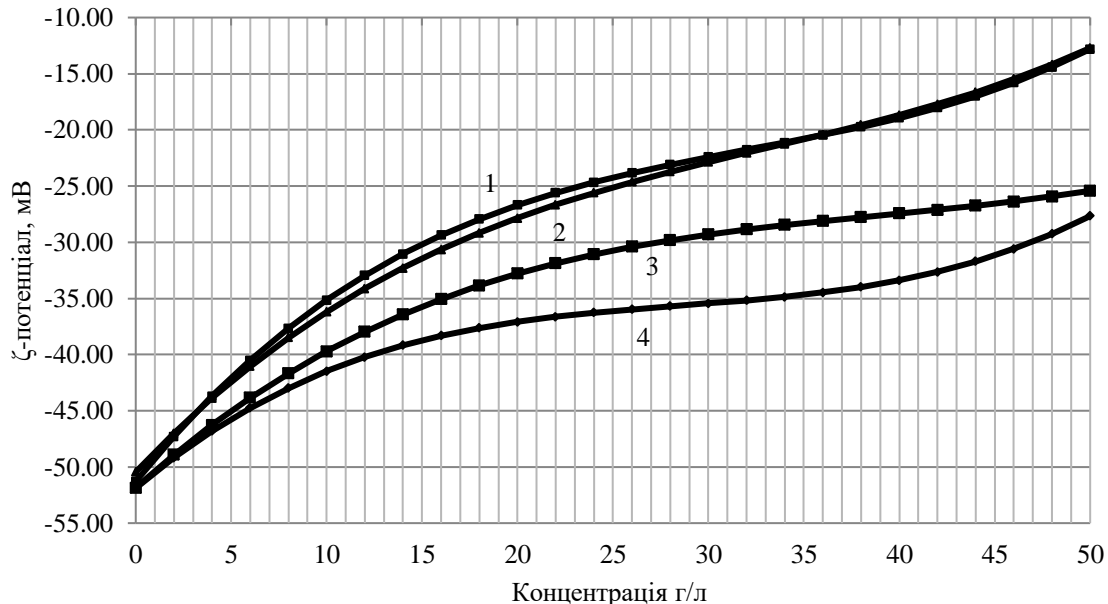


Рис. 4. Вплив електролітів на показник агрегативної стійкості емульсії:

1) NaCl:  $y = -50,444 + 1,806 \cdot x - 0,042 \cdot x^2 + 0,0004 \cdot x^3$ ,  $R^2 = 0,997$ ,  $S = 1,784$ ;

2) KCl:  $y = -51,281 + 2,109 \cdot x - 0,055 \cdot x^2 + 0,0006 \cdot x^3$ ,  $R^2 = 0,995$ ,  $S = 2,138$ ;

3) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $y = -51,845 + 1,533 \cdot x - 0,035 \cdot x^2 + 0,0003 \cdot x^3$ ,  $R^2 = 0,989$ ,  $S = 2,006$ ;

4) K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:  $y = -51,885 + 1,447 \cdot x - 0,046 \cdot x^2 - 0,0005 \cdot x^3$ ,  $R^2 = 0,988$ ,  $S = 2,517$

При збільшенні концентрації електролітів у діапазоні 0-10 г/л спостерігається лінійне зменшення абсолютного значення показника  $\zeta$ -потенціалу для усіх досліджуваних солей. Однак слід зазначити, що у даному діапазоні концентрацій застосування хлоридів лужних металів характеризується більшим зменшенням абсолютного значення  $\zeta$ -потенціалу порівняно з відповідними сульфатами. Причиною такого явища є різна кількість іонів  $K^+$  та  $Na^+$  у складі хлоридів та сульфатів однакової маси. Оскільки електроліти мають різну молекулярну масу, то їх масові і молярні співвідношення не співпадають. Таким чином, при внесенні до гетерогенної системи хлоридів кількість катіонів, що потрапляє до дисперсійного середовища буде більшою, ніж при внесенні такої ж маси відповідних сульфатів, а при порівнянні солей з однаковим аніоном – іонів  $Na^+$  буде більше, ніж  $K^+$ .

Збільшення концентрації катіонів у дисперсійному середовищі призводить до стиснення подвійного електричного шару, причиною цього являється перехід протиіонів з дифузійного шару в адсорбційний. Внаслідок чого компенсація поверхневого заряду частинки відбувається на меншій відстані від поверхні частинки.

Хоча кількість іонів  $K^+$  менша, ніж  $Na^+$  в однаковій масі відповідних хлоридів, однак ефективність їх впливу на показник електрокінетичного потенціалу даної емульсії майже однаковий. Оскільки іони  $K^+$  мають більший радіус ніж іони  $Na^+$ , то вони менше піддаються гідратації. Тому серед катіонів з однаковою валентністю збільшення радіуса збільшує їх тяжіння до протилежно заряджених потенціалвизначальних іонів на поверхні частинок дисперсної фази. Така взаємодія призводить до збільшення концентрації протиіонів біля поверхні частинки і стиснення подвійного електричного шару.

При подальшому збільшенні концентрації електролітів від 10 до 50 г/л залежність зміни значення  $\zeta$ -потенціалу втрачає лінійний характер. Це можливо пояснити зростанням іонної сили розчину, що спричиняє зменшення ступеню дисоціації електролітів на іони та утворення іонних асоціатів. Саме тому подальше збільшення концентрації сульфатів не призводить до значного зменшення електрокінетичного потенціалу.

Комплексний аналіз результатів дослідження впливу солей лужних металів на  $\zeta$ -потенціал емульсії показує, що при додаванні обраних солей відбулось зменшення абсолютного значення досліджуваного показника, для хлоридів – з  $-50,9$  до  $-12,7$  мВ, а для сульфатів – до  $-25,4$  мВ. При цьому встановлено, що у діапазоні концентрації 0-50 г/л ефективність солей збільшується у наступному ряду:  $K_2SO_4 < Na_2SO_4 < KCl = NaCl$  – що можна пояснити взаємним впливом концентрації і радіусу іона та іонною силою розчину.

#### Висновки

1. Методом дисперсійного аналізу проведено кількісний та масовий розподіл частинок вовняного жиру за фракціями в підготовленому зразку жировмісної емульсійної системи. Встановлено, що кількість частинок вовняного жиру діаметром менше 4 мкм складає 91,2% від загальної кількості.

2. Шляхом визначення зміни показника  $\zeta$ -потенціалу емульсійної системи встановлено залежність її стабільності від концентрації електролітів. Знайдено, що досліджувані солі у діапазоні концентрації 0-50 г/л зменшують стійкість емульсії. При цьому ефективність впливу солей збільшується у ряду  $K_2SO_4 < Na_2SO_4 < KCl = NaCl$ .

Застосування даного принципу можливе при модифікації існуючої технології видобутку вовняного жиру, оскільки не потребує складного апаратурного оформлення.

#### Список використаної літератури

- Ібатуллин І.І. Стан та шляхи підвищення експортного потенціалу галузі вівчарства України / І.І. Ібатуллин, В.О. Пабат, В.М. Туринський // *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва*. – 2016. – № 236. – С. 30-45.
- Мороз А.Н. Анализ способов извлечения шерстного жира из сточных вод фабрик первичной обработки шерсти / А.Н. Мороз, А.Д. Черенков // *Вестник Национального Технического Университету "ХПИ"*. – 2011. – № 12. – С. 146-151.
- Ахатова З.С. Состояние и проблемы извлечения шерстного жира из промывных вод шерсти в Казахстане / З.С. Ахатова, С.Р. Конуспаев, Б.А. Касенова // *Исследования, результаты*. – 2016. – № 3(71). – С. 110-116.
- Тургенбаев М.С. Совершенствование технологий обработки немытой шерсти / М.С. Тургенбаев, А.Н. Русаков // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. Серия: Механизация, автоматизация и машинные технологии в животноводстве*. – 2019. – № 2(34). – С. 118-124.
- Горбунова Л.С. Первичная обработка шерсти: Учебное пособие / Л.С. Горбунова, Н.В. Рогачев, Л.Г. Васильева, В.М. Колдаев. – М: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 352 с.
- Барань Ш. Электроповерхностные свойства частиц каолина и бентонита в растворах электролитов и ПАВ / Ш. Барань, Р. Месарош, К. Мусабеков, Р. Таубаева // *Коллоидный журнал*. – 2015. – № 6(77). – С. 698-704. DOI: 10.7868/S002329121506004X.
- Конуспаев С.Р. Щелочной гидролиз шерстного жира (ланолина) в среде протонных и апротонных растворителей / С.Р. Конуспаев, Б.А. Касенова, З.С. Ахатова, Р.К. Нурбаева // *Вестник Казахского национального университета*. – 2018. – № 1(88). – С. 4-9. DOI: 10.15328/cb97.
- Гаврилова Н.Н. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов: Учебное пособие / Н.Н. Гаврилова, В.В. Назаров, О.В. Яровая. – М: РХТУ, 2012. – 52 с.
- Kumar A., Kumar Dixit C. 3-Methods for characterization of nanoparticles. *Advances in Nanomedicine for the Delivery of Therapeutic Nucleic Acids*. 2017, pp. 43-58. DOI: 10.1016/B978-0-08-100557-6.00003-1.



10. Семешко О.Я. Електророзрядна обробка в технологіях промивки вовни та одержання вовняного жиру / О.Я. Семешко, Ю.Г. Сарібєкова, А.В. Єрмолаєва, М.Л. Кулігін // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. – 2014. – № 5 (79). – С. 215-218.
11. ГОСТ ISO 13099-2-2016. Методы определения дзета-потенциала Часть 2. Оптические методы. – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
12. Иванов В.М. Натрий: монография / В.М. Иванов К.А. Семенов, Г.В. Прохорова, Е.Ф. Симонов. – М.: «НАУКА», 1986. – 255 с.
13. Рабинович В.А. Краткий химический справочник / В.А. Рабинович, З.Я. Хавин. – СПб.: Химия, 1991. – 392 с.
14. Buchner R. Dielectric Relaxation of Aqueous NaCl Solutions / R. Buchner, G. Hefter, P. May // *The Journal of Physical Chemistry A*. – 1999. – No.103 (1). – P. 1-9. DOI: 10.1021/jp982977k.
15. Liu S. Consideration of fractal and ion–water cooperative interactions in aqueous Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions by dielectric relaxation spectroscopy / S. Liu, Guo-zhu, S. Shu Zhang // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2016. – No 441. – P.15-22. DOI: 10.1016/j.physa.2015.08.034.
16. Chen T. Dielectric Spectroscopy of Aqueous Solutions of KCl and CsCl / T. Chen, G. Hefter, R. Buchner // *The Journal of Physical Chemistry A*. – 2003 – No 107, 20. – P. 4025-4031. DOI: 10.1021/jp026429p.

### References

1. Ibatullin I.I., Pabat V.O., Turinsky V.M. Stan ta shlyakhy pidvyshchennya eksportnoho potentsialu haluzi vivcharstva Ukrayiny [State and ways to increase the export potential of the sheep industry of Ukraine]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Technology of production and processing of livestock products*, 2016, 236, pp. 30-45 (in Ukrainian).
2. Moroz A.N., Cherenkov A.D. Analiz sposobov izvlecheniya sherstnogo zhira iz stochnykh vod fabrik pervichnoy obrabotki shersti [Analysis of methods used for extraction of wool grease from wash water in primary wool processing factories]. *Bulletin of the National Technical University "KhPI*, 2011, 12, pp. 146-151 (in Russian).
3. Akhatova Z.S. Konuspayev S.R., Kasenova B.A., Sostoyaniye i problemy izvlecheniya sherstnogo zhira iz promyynykh vod shersti v Kazakhstane [Current condition and problems of separation of yolk from wool washed waters in Kazakhstan]. *Resarch, results*, 2016, 3, 71. pp. 110-116 (in Russian).
4. Turgenbaev M.S., Rusakov A.N. Sovershenstvovaniye tekhnologiy obrabotki nemytoy shersti [Improvement of unwashed sheep wool processing technologies] *Bulletin of the All-Russian Research Institute of Livestock Mechanization. Series: Mechanization, automation and machine technologies in animal husbandry*, 2019, 2, 34, pp 118-124 (in Russian).
5. Gorbunova L.S., Rogachev N.V., Vasil'yeva L.G., Koldayev V.M. *Pervichnaya obrabotka shersti* [Primary processing of wool]. *Legkaya i pishcheyaya promyshlennost'*, Moscow, 1981. 352 p (in Russian).
6. Baran S., Mesarosh R., Musabekov K., Taubayeva R. Elektropoverkhnostnyye svoystva chastits kaolina i bentonita v rastvorakh elektrolitov i PAV [Electrosurface properties of kaolin and bentonite particles in solutions of electrolytes and surfactants]. *Colloidal journal*, 2015, no. 6(77), pp. 698-704 (in Russian). DOI: 10.7868/S002329121506004X.
7. Konuspayev S., Kassenova B.A., Akhatova Z.S., Nurbaeva R.K. Shchelochnoy gidroliz sherstnogo zhira (lanolina) v srede protonnykh i aprotonnykh rastvoriteley [Alkaline hydrolysis of wool fat (lanolin) in a medium of proton and aprotic solvents]. *Chemical Bulletin of Kazakh National University*, 2018, no 1 (88), pp. 4-9 (in Russian). DOI: 10.15328/cb97.
8. Gavrilova N.N., Nazarov V.V., Yarovaya O.V. *Mikroskopicheskiye metody opredeleniya razmerov chastits dispersnykh materialov* [Microscopic methods for determining the particle size of dispersed materials]. RKTU, Moscow, 2012. 52 p. (in Russian).
9. Kumar A., Kumar Dixit C. 3-Methods for characterization of nanoparticles. *Advances in Nanomedicine for the Delivery of Therapeutic Nucleic Acids*. 2017, pp. 43-58. DOI: 10.1016/B978-0-08-100557-6.00003-1.
10. Semeshko O.Ya., Saribekova Yu.G., Iermolaeva A.V., Kuligin M.L. Elektrozryadna obrobka v tekhnolohiyakh promyvky vovny ta oderzhannya vovnyanoho zhyru [Electro-bit treatment in wool washing and wool grease extraction technologies]. *Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*, 2014, no 5 (79), pp. 215-218 (in Ukrainian).
11. GOST ISO 13099-2-2016. Metody opredeleniya dzeta-potentsiala Chast' 2. Opticheskiye metody [ISO 13099-2:2016, Colloidal systems – Methods for zeta-potential determination – Part 2: Optical methods, IDT]. Moscow, Standardinform Publ., 2019. 16 p.
12. Ivanov V.M., Semenenko K.A., Prokhorova G.V., Simonov Ye.F. *Natriy* [Sodium]. Nauka, Moscow, 1986. 255 p. (in Russian).
13. Rabinovich V.A., Khavin Z.Y. *Kratkiy khimicheskiy spravochnik* [Brief Chemical Handbook]. Khimiya, Saint Petersburg, 1991. 392 p. (in Russian).

14. Buchner R., Hefter G., May P. Dielectric Relaxation of Aqueous NaCl Solutions. *The Journal of Physical Chemistry A*. 1999, no.103 (1), pp. 1–9. DOI: 10.1021/jp982977k.
15. Liu S., Guo-zhu, Shu Zhang S. Consideration of fractal and ion–water cooperative interactions in aqueous Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> solutions by dielectric relaxation spectroscopy. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2016, no 441, pp.15-22. DOI: 10.1016/j.physa.2015.08.034.
16. Chen T., Hefter G., Buchner R. Dielectric Spectroscopy of Aqueous Solutions of KCl and CsCl. *The Journal of Physical Chemistry A*, 2003, no 107, 20, pp. 4025–4031. DOI: 10.1021/jp026429p.