

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного



**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету



Випуск 13, том 1

Електронне наукове фахове видання

Запоріжжя – 2023 р.

УДК 60/68(08)

T 13

Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету:
електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М.
Кюрчев. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. – Вип. 13, том 1. – 516 с.

ISSN 2220-8674

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 10 від 21 квітня 2023 р.

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, AGRIS, НБУ ім. В. І. Вернадського.

Редакційна колегія:

Головний редактор

Кюрчев В. М. чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Заступник головного редактора

Надикто В. Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)

Панченко А. І. – д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний секретар

Волошина А. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Технічний секретар

Погорельцева Д. О. (Україна)

Євлаш В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Журавель Д. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Квітка С. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Кувачов В. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Кузнецов М. П. – д.т.н., с.н.с. (Україна)

Кюрчев С. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисенко В. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисенко О. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Лисиченко М. Л. – д.т.н., проф. (Україна)

Ломейко О. П. – к.т.н., доц. (Україна)

Лубко Д. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Малкіна В. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Мацулевич О. Є. – к.т.н., доц. (Україна)

Мірошник О. О. – д.т.н., професор (Україна)

Паламарчук І. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Пилипенко Л. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Пріс О. П. – д.т.н., проф. (Україна)

Самойчук К. О. – д.т.н., проф. (Україна)

Сердюк М. Є. – д.т.н., проф. (Україна)

Сидоренко О. С. – к.т.н., доц. (Україна)

Скляр О. Г. – к.т.н., проф. (Україна)

Скляр Р. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Тітова О. А. – д.пед.н., проф. (Україна)

Холодник Ю. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Шоман О. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Ялпачик В. Ф. – д.т.н., проф. (Україна)

Beloev Hristo – Dr., professor (Bulgaria)

Ivanovs Semjons – PhD (Latvia)

Olt Jüri – PhD, professor (Eesti)

Pascuzzi Simone – Associate Professor (Italia)

Pavol Findura – PhD, professor (Slovakia)

Szafraniec Andrzej – Dr., professor (Poland)

Qawaqzeh Mohamed – PhD (Jordan)

Вершков О. О. – к.т.н., доц. (Україна)

Гавриленко Є. А. – д.т.н., проф. (Україна)

Галько С. В. – к.т.н., доц. (Україна)

Гнатушенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Гумен О. М. – д.т.н., проф. (Україна)

Дейниченко Г. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Дідур В. В. – д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний за випуск - к.т.н., професор Скляр О. Г.

Адреса редакції ТДАТУ:

Юридична:

пр. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.
72312 Україна

Фактична:

вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька обл.
69600, Україна

**ЗМІСТ****ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

- Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ломейко О. П.* 1
Методика розрахунку експериментального зразка струминного гомогенізатора молока
- Волик Б. А., Теслюк Г. В., Коновий А. В., Лепеть Є. І.* 2
Аналітичний огляд методів моделювання засобів механізації обробітку ґрунту
- Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А.* 3
Вплив величини діаметрального зазору на кінематику руху внутрішнього ротора орбітального гідромотора
- Журавель Д. П., Бондар А. М.* 4
Обґрунтування впливу системи очищення відпрацьованих робочих рідин на надійність гідравлічних систем
- Попов С. В., Семенов А. О., Євменов Р. Ю.* 5
Експериментальне дослідження удосконаленої конструкції електропневмоклапану пневматичної системи автопоїзду-зерновозу
- Козаченко О. В., Сєдих К. В., Волковський О. М.* 6
Теоретичний аналіз силової взаємодії дискового робочого органу з ґрунтовим середовищем
- Скляр О. Г., Скляр Р. В., Григоренко С. М.* 7
Методика моделювання та оптимізації структури посівних площ
- Захаров А. В., Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Сайчук О. В.* 8
Дослідження зношуючої здатності ґрунтів та її вплив на довговічність робочих органів ґрунтообробних машин
- Дідур В. В., Петриченко Є. А., Новик О. Ю.* 9
Ультразвук та його застосування в промисловості
- Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О.* 10
Ефект зберігання ягід після застосування холоду
- Комар А. С., Болтянський Б. В.* 11
Конструктивно-технологічне вдосконалення вальцевих грануляторів з плоскою матрицею



- Пилипака С. Ф., Клендій М. Б., Драган А. П.* 12
Моделювання та дослідження процесу транспортування сипучого матеріалу перевантажувальним патрубком гвинтового конвеєра
- Дідур В. В., В'юник О. В., Дашивець Г. І.* 13
Аналіз методів очищення олії, віджатої з рослинної сировини
- Паляничка Н. О., Верхованцева В. О., Червоткіна О. О., Ковальов О. О.* 14
Обґрунтування розробки лабораторної установки імпульсного гомогенізатора
- Ковальов О. О., Самойчук К. О., Фучаджи Н. О.* 15
Методологія дослідження параметрів струминних гомогенізаторів молока
- Самохвал В. А., Самойчук К. О.* 16
Дослідження ефективності роботи обладнання для інтенсифікації відтискання технічних олій в гвинтових прес-екструдерах для виготовлення паливних брикетів

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

- Сукманов В. О., Мулько І. С.* 17
Дослідження реологічних та органолептичних властивостей курячих нагетсів з низьким вмістом хлориду натрію та додаванням яблука
- Кузьміна Т. О., Зубкова К. В., Стоянова О. В., Мамай О. І., Яковенко Т. О.* 18
Розробка рецептури фруктових джемів для профілактичного харчування відповідно до вимог міжнародних стандартів
- Крижак Л. М., Семко Т. В., Іваніщева О. А.* 19
Дослідження особливостей використання штамів пробіотиків у технології виробництва ферментованих м'ясних продуктів
- Болгова Н. В., Ільченко Н. О., Губа С. О., Соколенко В. В.* 20
Аналіз технології виробництва твердого сиру з рослинними добавками



- Горач О. О.* 21
Технологічне обладнання для заморожування плодово-ягідної продукції
- Дзюндзя О. В., Горач О. В., Резвих Н. І.* 22
Технологічні процеси та обладнання для гомогенізації майонезу
- Мельник О. Ю., Мазуренко І. К., Степанова Т. М., Кошель О. Ю., Сабадаш С. М.* 23
Особливості технології нового батончика желейного
- Priss O. P., Sukhenko V. Yu., Bulhakov P. O.* 24
Asparagus dry soluble and insoluble matter during storage
- Ярмош Т. А., Перцевой Ф. В.* 25
Аналіз використання волоського горіха у харчовій промисловості
- Губа С. О., Бабенко Б. В., Болгова Н. В., Соколенко В. В.* 26
Дослідження рівня обізнаності молоді в питаннях впливу екологічної складової на безпеку харчової продукції
- Вареник А. С., Перцевой Ф. В.* 27
Використання продуктів переробки конопель у виробництві кондитерських борошняних виробів
- Дзюндзя О. В., Погрібняк О. А.* 28
Перспективи використання гарбуза у стравах для закладів ресторанного господарства
- Д. О. Майборода, О. О. Данченко, Л. М. Здоровцева, М. М. Данченко, Ю. В. Ніколаєва* 29
Регулювання якості м'яса гусей біологічно активними сполуками вівса посівного
- Ф. В. Перцевой, Т. І. Фотіна, О. Ю. Кошель, Т. І. Маренкова* 30
Розширення асортименту паштетів збагачених на культивовану грибку сировину при кейтеринговому обслуговуванні
- І. Л. Заморська* 31
Вміст та форми вологи у заморожених ягодах суниці садової функціонального призначення



- Igor Mazurenko, Yunbo Li, Shao Zhengzheng, Yangui Xie* 32
Flour and confectionery products for children. Requirements for quality and safety indicators

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

- Попова І. О., Чаусов С. В.* 33
Підвищення точності роботи мікропроцесорного пристрою захисту асинхронного двигуна

- Юрченко О. Ю., Барсукова Г. В.* 34
Процес відновлення акумуляторної батареї комплексним підходом

- Волошин В. С., Азархов О. Ю.* 35
Роль екосистеми «людина» в енергообміні на планеті

- Гулевський В. Б., Постол Ю. О., Мигуля В. В.* 36
Перспективи застосування автоматизованого проектування систем очищення змащувально-охолоджувальних рідин

- Бабич М. І., Коробка С. В.* 37
Методика обґрунтування параметрів турбіни та дериваційного каналу мікрогідроелектростанції для умов гірської річки

- Радько І. П., Наливайко В. А., Окушко О. В.* 38
Застосування методів енергозбереження у виробничій діяльності як інструмент підвищення енергоефективності

- Боярчук В. М., Коробка С. В., Стукалець І. Г., Бабич М. І., Сиротюк С. В.* 39
Методика дослідження ефективності електрохімічного акумулювання електроенергії

- Юрченко О. Ю., Барсукова Г. В.* 40
Використання імпульсного електричного поля як спосіб покращення показників якості насіння

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

- Холодняк Ю. В., Гавриленко Є. А., Зінов'єва О. Г.* 41
Розробка алгоритму моделювання кривих з заданими властивостями



- Лубко Д. В., Зінов'єва О. Г.* 42
Проектування імітаційної моделі роботи зернового збирально-транспортного комплексу
- Сіциліцин Ю. О.* 43
Використання AWS і Heroku для розробки паралельних і розподілених додатків в університетських лабораторіях



УДК 631.362:665.335.5

В. В. Дідур¹, д.т.н.

ORCID: 0000-0001-7584-5073

О. В. В'юник², інж.,

ORCID: 0000-0002-6413-5567

Г. І. Дашивець², к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-2612-6077

¹Уманський національний університет садівництва²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: olga.viunyk@tsatu.edu.ua

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ОЛІЇ, ВІДЖАТОЇ З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Анотація. В статті наведено результати аналізу методів очищення олії, віджатої з рослинної сировини. Проблема очищення рослинних олій є складовою частиною проблем, які пов'язані з очищенням рідин, що використовуються як в промисловості, так і в сільському господарстві. Різноманітність властивостей продуктів та технологічних вимог до їх очищення сприяла створенню великої кількості апаратів для видалення домішок з рідин. Показники очищення залежать від багатьох факторів, основні з яких: фізико-хімічні властивості; температура, продуктивність та ін. В роботі розглянуто такі методи очищення рідин як відстоювання, очищення в гідроциклонах, фільтрація, біологічні методи, фізичні методи та ін. Описано в чому полягає кожен з методів, галузь його застосування та недоліки. Як найбільш перспективний метод очищення рідин виділено діелектрофорез.

Ключові слова: рідина, аналіз, метод, очищення

Постановка проблеми. На ринку рослинної олії спостерігається активна конкуренція. Лідером стає той, чий продукт має максимально високу якість. Також гостро стоїть питання собівартості та енергоємності виготовлення продукції. Отже, розробка і впровадження у виробництво способів і конструкцій апаратів, які забезпечать високу якість продукції та зниження енерговитрат процесу виготовлення є актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень. Проблема очищення рослинних олій є складовою частиною проблем, які пов'язані з очищенням рідин, що використовуються як в промисловості, так і в сільському господарстві. Зокрема в технологіях агропромислового комплексу проблема,



пов'язана із очищенням рідин, зустрічається в тваринництві при утилізації стоків, при переробці молока, в технологічних процесах переробки фруктів, ягід, винограду, буряку, ефіроолійних культур, в технологіях відновлення технічних рідин [1]. На теперішній час розроблено і впроваджено у виробництво велику кількість методів механічного, хімічного, фізичного, фізико-хімічного та біохімічного способів очищення рідин [1 – 6].

Різноманітність властивостей продуктів та технологічних вимог до їх очищення сприяла створенню великої кількості апаратів для видалення домішок з рідин. До них належать фільтри, гідроциклони, центрифуги, відстійники та інші апарати.

Формулювання мети статті. Метою даної роботи є обґрунтування оптимального методу очищення олії, віджатої з рослинної сировини.

Основна частина. Незважаючи на велику чисельність конструкційних рішень апаратів для очищення олій та рідин, в принцип їх роботи закладено не так багато фізичних явищ. Всі вони можуть бути розділені на дві групи. До першої групи належать всі способи очищення в пористих середовищах, до другої - способи очищення в силових полях [3].

Відповідно до цього всі технічні засоби очищення також можна розділити на дві основні групи. До першої групи засобів очищення належать гідравлічні фільтри: сітчасті, паперові, картонні, тканинні, фетрові, металокерамічні, фільтри з різних волокнистих і зернистих пресованих матеріалів та пластмас, а також гідродинамічні фільтри. До другої групи засобів належать поля: гравітаційне, відцентрове, магнітне, електричне та ультразвукове. З іншого боку методи і засоби очищення можна класифікувати за способом впливу на дисперсну систему (рис. 1).

Основними характеристиками апаратів для очищення олій та рідин є:

- 1) кількість домішок, що утримуються або вилучаються з рідини у співвідношенні до вихідної кількості;
- 2) кількість домішок, що розділяються та утримуються або вилучаються з рідини у співвідношенні до вихідної кількості;
- 3) продуктивність - витрата рідини через очищувач або сепаратор;
- 4) тонкість очищення або сепарації - мінімальний розмір частинок, що повністю вилучаються з рідини;
- 5) питомі витрати енергії - витрати енергії на очищення або сепарацію одиниці об'єму рідини.

Показники очищення залежать від багатьох факторів, основні з яких: фізико-хімічні властивості; температура, продуктивність та ін.

Основні методи очищення олій та рідин, викладені в джерелах [1, 3] ряд із них, мають перспективи розвитку та широкого застосування в технологічних процесах.

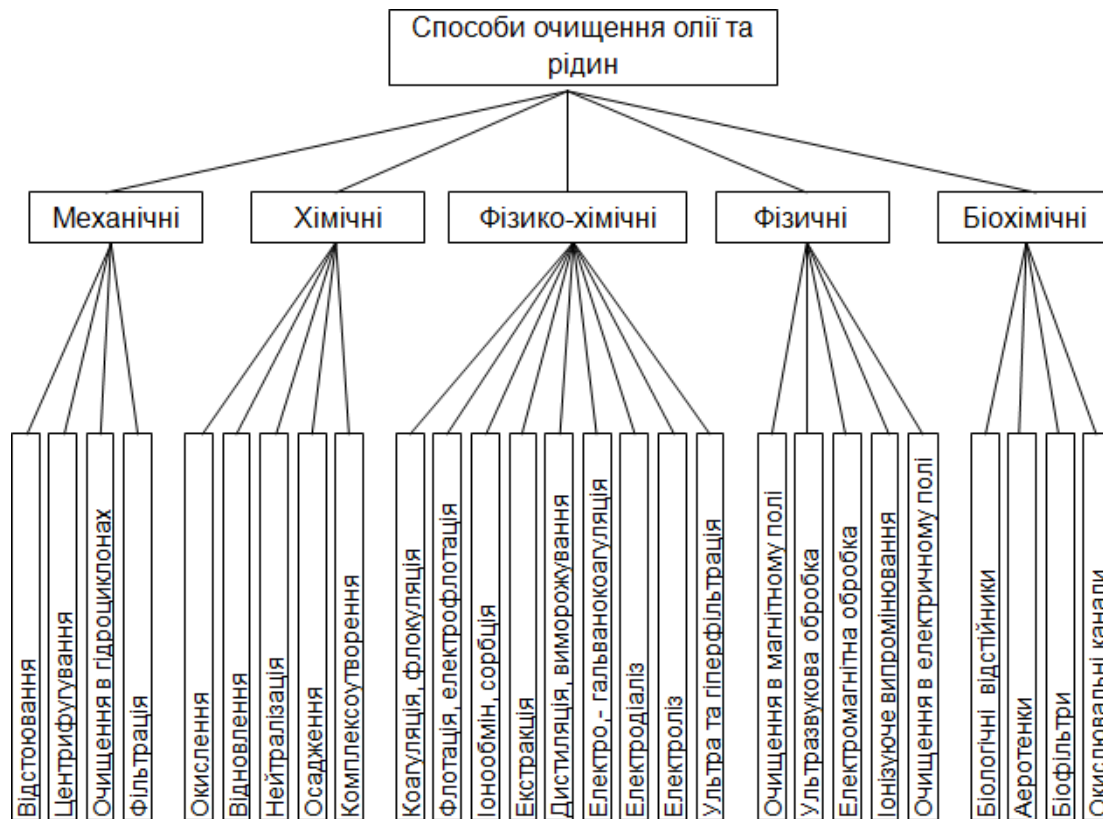


Рисунок 1. Класифікація способів очищення олій та рідин

Найпростішим методом очищення олій і рідин є відстоювання. В цьому методі використовується гравітаційна сила. Розроблено декілька типів відстійників (вертикальні, горизонтальні, радіальні, багатоярусні та інші). Такі апарати використовуються для очищення широкого спектру рідин, до яких не ставляться жорсткі вимоги тонкості; стічних вод, грубого очищення стоків, виноматеріалів, олій та інших продуктів. Недоліком такого методу очищення є невелика сила, що діє на частинки, та залежність показників очищення від густини речовини частинок і рідини.

При очищенні в гідроциклонах використовують відцентрову силу, що діє на зважену частинку при закручуванні потоку рідини. Порівняно з відстоюванням, в гідроциклонах отримують механічні сили на порядок, а в центрифугах, на декілька порядків вище, що дає змогу видаляти тонкодисперсні частинки. Центрифуги використовують в технологіях очищення соків, виноматеріалів, рослинних олій, паливо-мастильних матеріалів, сепарації молока та інших продуктів. Недоліком цього методу є великі затрати енергії на організацію кругового руху рідини разом з ротором центрифуги, наявність рухомих



вузлів, висока вартість обладнання.

Очищення рідин фільтрацією засновано на утриманні зважених частинок пористими перегородками з різноманітних матеріалів. Цей метод знайшов широке застосування в паливних та мастильних системах двигунів внутрішнього згоряння, в технологічних процесах виготовлення соків, виноматеріалів, олій, при очищенні стічних вод, підготовці питної води та ін. Основними недоліками методу є: потреба в заміні або відновленні фільтрувальних елементів; зміна продуктивності в процесі експлуатації фільтрувального елемента; нестабільність показників очищення та потреба в забезпеченні високого тиску на фільтрі, що приводить до значних витрат енергії, особливо для в'язких рідин.

Коагуляція і флокуляція частіше всього використовуються при відстоюванні для інтенсифікації процесу. Методи використовуються для очищення питної води, для освітлення соків, очищення стічних вод та ін. Недоліками методів є вплив реагентів на рідину та обмежена область застосування.

Флотаційне очищення засноване на виносі бульбашками газу зважених частинок на поверхню рідини. Відповідно до методів отримання бульбашок газу існують наступні способи флотаційного очищення:

- флотація бульбашками, що утворюються шляхом механічного дроблення повітря або іншого газу;
- флотація бульбашками, що утворюються з перенасиченого розчину повітря в рідині (вакуумна або напірна);
- електрофлотація.

Флотація застосовується в технологіях виробництва соків, при очищенні стічних вод, при збагаченні корисних копалин. Видалення пінного шару з поверхні рідини потребує додаткових пристроїв, що ускладнює апарати очищення. Крім того, процес утворення комплексів бульбашка-зважена частинка залежить від фізико-хімічних властивостей цих компонентів і в багатьох випадках взагалі неможливий.

Очищення олій та рідин за допомогою сорбції та іонообміну, в більшості випадків, застосовують для стічних вод та питної води з метою видалення розчинених сполук. Для очищення рідин від розчинених сполук також використовують метод екстракції за допомогою екстрагента, в якому розчинність речовини, що видаляється, більша, ніж в рідині. Ці методи не дозволяють вилучати з рідини тверді частинки.

Очищення дистиляцією та виморожуванням застосовуються для дисперсних систем та рідких сумішей, в яких речовини мають різні температури кипіння або кристалізації. Ці методи енергоємні (питомі



витрати енергії, зокрема на випаровування води складають $2,72 \cdot 10^6$ Дж/кг) і використовуються в специфічних хімічних та харчових технологіях, наприклад, отримання спиртів, ефірів, видалення воску з рослинних олій, парафіну з нафтопродуктів.

Метод електрокоагуляції полягає в отриманні коагулянтів - гідроксидів металів при їх анодному розчиненні. Він застосовується для очищення води від колоїдних та дрібнодисперсних домішок. Область його застосування обмежена рідинами, в яких процеси електролізу на електродах допускаються технологічними умовами.

Електродіаліз та мембранний електроліз застосовують для очищення та опріснення води за допомогою електромембран. Область їх застосування розповсюджується як на промисловість, медицину, так і на сільське господарство: опріснення поливної води, видалення солі з сироватки при переробці молока, видалення з води нітратів, нітритів та інших речовин.

В електролізних установках очищення води здійснюється за рахунок декількох наступних процесів: окислення на аноді, електрокоагуляції, електрофорезу колоїдних частинок, електрофлотації. Ефективність процесу залежить від складу рідини та властивостей ДФ.

Методи електрокоагуляції, електродіалізу та електролізу обмежені використанням для рідких продуктів на основі води.

Ультра- та гіперфільтрація належать до мембранних технологій і полягають в молекулярному розділенні розчинів під високим тиском. Питомі витрати енергії на здійснення процесу менші ніж при випаровуванні, але теж залишаються високими і складають величину порядку 10^4 Дж/кг, а для в'язких рідин - значно більші.

Для очищення води, зокрема стічної, знайшли застосування біологічні методи, що ґрунтуються на безперервному культивуванні мікроорганізмів, які використовують органічні та деякі неорганічні сполуки в якості субстрату для харчування. До технічних засобів, що здійснюють біологічний метод очищення, належать біологічні відстійники, аеротенки, біофільтри та окислювальні канали.

В технологічних процесах багатьох галузей народного господарства знайшли застосування фізичні методи очищення і сепарації рідин. В цих пристроях використовується силова дія полів: магнітного, ультразвукового, електромагнітного, електричного та іонізуючого випромінювання.

Магнітна обробка застосовується для рідин з домішками у вигляді феромагнітних частинок різних розмірів. Використовуються магнітні фільтри, відстійники та гідроциклони. Недоліком цього методу є вибірковість дії магнітного поля на частинки з певною магнітною проникністю.



Ультразвукова обробка, з метою очищення рідин, пов'язана зі специфічними ефектами, що виникають в рідині під впливом ультразвукового поля: кавітацією, коагуляцією, акустичними течіями та іншими. Ці ефекти дозволяють інтенсифікувати процеси: відстоювання, фільтрації, коагуляції, флокуляції, флотації [4].

Недоліком цього методу є складність, велика вартість ультразвукового обладнання, енергоємність, нестабільність процесу та підвищені експлуатаційні вимоги. Він застосовується при очищенні соків, для прискорення кристалізації винного каменя, очищення рідин напірною флотацією як фактор, що інтенсифікує основний процес [4, 5].

При електромагнітній обробці використовують як силову дію електромагнітного поля на зважені частинки, так і теплову, що приводить до порушення стійкості деяких дисперсних систем. Метод не знайшов широкого застосування, але може бути перспективним для очищення і сепарації певних рідин.

Іонізуюче випромінювання може використовуватися як фактор, що інтенсифікує коагуляцію, відстоювання та електрохімічні методи, і таким чином впливає на процеси очищення.

Методи очищення рідин в електричному полі ґрунтуються на осадженні зважених частинок на електродах під дією сил електричного поля. Безпосереднє використання електричного поля не тільки робить можливим проведення глибокого очищення рідини при високій продуктивності устаткування, але і забезпечує енерговигідність процесу, простоту конструкцій апаратів, дозволяє механізувати і автоматизувати їх роботу [6]. Крім того, електрична обробка може впливати на процеси масообміну, зокрема інтенсифікувати випаровування летючих речовин [7].

Проте цей метод застосовують вибірково. Наприклад, метод не знайшов розповсюдження в процесах переробки рідких продуктів сільськогосподарського виробництва. Основна причина цього полягає в тому, що більшість цих рідин - електроліти. При створенні електричного поля в таких рідинах виникають електрохімічні реакції, що змінюють хімічний склад продукту і часто погіршують його якість.

Полярizaційні явища, що виникають під дією електричного поля в електролітах, не дозволяють подавати велику напругу на електроди і тим самим обмежують продуктивність процесу. Як правило, напруженість поля в таких випадках не перевищує 10^4 В/м. В цьому відношенні електричні очищення неполярних рідин є перспективними. Їх діелектричні властивості дозволяють подавати високу напругу на електроди і не побоюватися хімічних змін, що виникають під дією поля [8, 9]. Електрохімічні реакції в неполярних рідинах практично не відбуваються. В технологічних процесах переробки продукції



сільського господарства до таких рідин належать рослинні олії, тваринні жири, їх розчини, місцели, синтетичні і натуральні рідкі запашні речовини та інші продукти. Застосування електричного очищення перспективне і для ефірних олій [10, 11] та нафтопродуктів [12].

Очищення рідин в електричному полі повинні дати значний економічний ефект внаслідок підвищення якості продукції і підвищення її стійкості при зберіганні.

Таким чином, для очищення різних рідин і олій з існуючих сучасних методів найбільш широке застосування знайшли гравітаційне відстоювання, центрифугування, фільтрація та методи, що ґрунтуються на використанні електричного поля.

Як показав аналіз, ці методи мають суттєві недоліки: велику енергоємність для центрифугування та фільтрації; низькі якісні показники для гравітаційного відстоювання; вибірковість застосування в залежності від густини рідини і частинок для центрифугування та гравітаційного відстоювання і в залежності від електрофізичних властивостей рідини та домішок для електричних методів; можливість розділення зважених частинок тільки за ознакою густини та розміру для гравітаційного відстоювання, центрифугування та фільтрації.

Таким чином, розвиток систем очищення та сепарації спрямований на удосконалення існуючих, і розробку нових методів та технічних засобів з метою зменшення енерго- та ресурсовитрат: на процес підвищення технологічності, забезпечення якості рослинних олій, при їх виробництві, є актуальною проблемою.

Діелектрофорез – виникнення сил на частинках, що поляризуються в неоднорідному електричному полі (зазвичай електричне поле змінного струму) [13]. Сили діелектрофорезу можуть бути використані для переміщення, фіксації у визначеному місці, розділення і управління частинками мікро- і нанорозмірів. Це може бути сортування, захоплення, видалення і розділення різних за властивостями об'єктів, тобто для маніпулювання ними. Потрібно відзначити, що діелектрофорез можна застосовувати не тільки для організації руху частинок в неоднорідному полі, але і для визначення їх власних характеристик: діелектрична проникність (ДП) і питома електропроникність (ПЕ).

Величина і спрямованість діелектрофоретичних сил залежить від декількох чинників, включаючи частоту змінного електричного поля, ПЕ і ДП середовища і зважених частинок, градієнта електричного поля. Останній залежить від геометрії використовуваних електродів. До того ж, електричні поля великої напруженості, що використовуються в діелектрофорезі, генерують високу щільність енергії в середовищі. Завдяки високій неоднорідності електричного поля спостерігаються



градієнти температури, що приводить до градієнтів ПЕ і ДП. Перший створює вільний об'ємний заряд і силу Кулона, тоді як останній породжує діелектричну силу. Ці дві сили примушують середовище текти.

Ефект взаємодії частинок з полем пропорційний їх об'єму і набагато сильніше виявляється при розділенні крупних частинок.

Неоднорідне змінне електричне поле викликає поступальний рух поляризованої частинки. Швидкість діелектрофорезу пропорційна градієнту від квадрату напруженості поля, і залежно від параметрів частинки, навколишнього середовища і властивостей межі розділу між ними, може бути направлена у бік сильнішого або слабкішого поля [13,14].

У порівнянні з електрофорезом діелектрофоретичне маніпулювання частинками потрібно проводити з використанням сильніших полів, проте воно має певні переваги, які особливо важливі у разі управління окремими частинками. Серед цих переваг можна відзначити наступні: 1) сильніша, порівняно з електрофорезом, просторова залежність сили, що діє на частинку, дозволяє точніше управляти її положенням; 2) використання при діелектрофорезі змінного поля дозволяє уникнути забруднення простору біля електродів продуктами електрохімічних реакцій, які накопичувалися б при протіканні постійного електричного струму.

Діелектрофорез вивчається з 1951 р. стосовно частинок, що знаходяться в непровідних рідинах типу вуглеводнів. Дослідження діелектрофорезу в провідних рідинах, наприклад, водних розчинах, ускладнені проблемами створення електричного поля достатньо великої напруженості в таких середовищах. Оскільки діелектрофоретична рухливість залежить від неоднорідності поля в місці розташування частинок, швидкість частинок виявляється функцією просторових координат, що також ускладнює експериментальне вивчення діелектрофорезу. Реалізація переваг діелектрофорезу для нанотехнологій стала можливою після створення мікроскопічних міжелектродних областей, в яких завдяки високому опорі - більше 40 МОм та інтенсивному відведенню тепла, можуть бути отримані поля напруженістю близько десятків кВ/см. Такі напруженості поля виявляються достатніми для ефективного маніпулювання частинками радіусом від 10 нм [14].

Квадратична по полю повна сила, що діє в неоднорідному полі на електронейтральну систему, яка складається з частинки разом з її дебаєвською атмосферою – дифузною частиною подвійного електричного шару, описується наступним виразом:

$$\vec{F} = (\vec{P}\nabla)\vec{E}, \quad (1)$$



де \vec{F} – сила, що діє в неоднорідному полі на електронейтральну частинку, Н;

\vec{P} – повний індукований дипольний момент системи, Кл·м.

У традиційному підході до розрахунку швидкості діелектрофорезу в розчині електроліту вважається, що електрична сила, яка діє на частинку, дорівнює повній силі. Тоді швидкість діелектрофорезу обчислюється з умови рівності сили, що діє в неоднорідному полі на електронейтральну систему частинок. В результаті швидкість діелектрофорезу сферичної частинки радіусу a дорівнює

$$\vec{v}_{de} = \frac{(\vec{p}\nabla)\vec{E}}{6\pi\eta a} \quad (2)$$

де \vec{v}_{de} – швидкість частинки, м/с;

a – радіус частинки, м.

Проте в тих випадках, коли частинка рухається в розчині електроліту, тільки частина повної сили прикладена до частинки, тоді як інша частина діє на дебаєвську атмосферу. В роботі [14] було враховано вплив зарядів іонів, що розподілені в межах поляризованої дифузійної обкладки подвійного електричного шару, і розрахована швидкість діелектрофорезу

$$\vec{v}_{de} = \frac{\chi_{eff}\nabla|\vec{E}|^2}{12\pi\eta a} \quad (3)$$

де χ_{eff} – ефективна здатність частинки до поляризації;

$$\chi_{eff} = \chi_{eff}^{(0)} + \chi_{eff}^{(2)} \cdot \xi^2 \quad (4)$$

де $\chi_{eff}^{(0)}$ – ефективна здатність до поляризації незарядженої частинки;

$\chi_{eff}^{(2)}$ – коефіцієнт, що характеризує вплив заряду частинки на діелектрофорез.

Таким чином, розвиток теорії діелектрофорезу зазвичай зводиться до удосконалення методів розрахунку величини індукованого дипольного моменту, а саме, - до врахування впливу на нього електричних властивостей частинки і середовища, поверхневої провідності, взаємозв'язаних електричних, концентраційних і гідродинамічних полів, що виникають при поляризації дифузної



частини подвійного електричного шару, рухливості іонів в шарі Штерна та інших чинників [14].

Не дивлячись на великі потенційні можливості, застосування діелектрофорезу все ще обмежене в більшості випадків лабораторними і пілотними установками.

Інша річ, коли частинка знаходиться в повітрі або в непровідній рідині. В цьому випадку ситуація спрощується, і сила, що діє на частинку у формі кулі, може бути розрахована за формулою [15]

$$\vec{F} = 4\pi\epsilon_c a^3 \frac{\epsilon_c - \epsilon_c}{\epsilon_c + 2\epsilon_c} \left(\bar{E}_x \frac{\partial \vec{E}}{\partial x} + \bar{E}_y \frac{\partial \vec{E}}{\partial y} + \bar{E}_z \frac{\partial \vec{E}}{\partial z} \right) \quad (5)$$

На основі цієї сили працюють пристрої електросепарації в повітряних середовищах – діелектричні сепаратори [16]. Але застосування подібних пристроїв для ОС діелектричних рідин від механічних домішок ускладнено у зв'язку з великою в'язкістю рідин у порівнянні з газами та іншими факторами. Рідинні електрофільтри та електросепаратори з конструкцією, подібною до газових, не знайшли практичного застосування.

Крім цього, при використанні діелектрофоретичних механізмів очищення рідин застосовується постійний струм або струм промислової частоти, що зумовлено нехтуванням електропровідністю середовища та частинки. Для багатьох рідин такий підхід не є прийнятним. Наприклад, для соняшникової олії з питомою електропровідністю 10^{-9} Ом/м вже при частоті 50 Гц реактивна електропровідність дорівнює активній. Це приводить до зсуву фаз між дипольним моментом діелектричної частинки і електричним полем, та відповідної зміни величини сили (1.5).

Висновки. Метод діелектрофорезу має великі перспективи, які пов'язані перш за все зі створенням такої конфігурації електричного поля, яка б дозволила забезпечити ефективні траєкторії руху частинок у відведених зонах та їх вивантаження з пристрою в неперервному режимі роботи обладнання, та можливістю розділення частинок з різними електрофізичними властивостями.

Список використаних джерел

1. Fayza A. Nasr, Hala S. Doma, Hisham S Abdel-Halim, Saber A. El-Shafai. *Chemical industry wastewater treatment. TESCE*. 2004. Vol. 30, no. 2. P. 1183–1206.

2. Дідур В. В., Дідур В. А., Назаренко І. П., Назарова О. П., Діденко О. В. Моделювання процесу очищення пресової касторової олії методом флотації. *Науковий вісник Національного університету*



біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2018. Вип. 297. С. 91–99.

3. National Research Council. Separation Technologies for the Industries of the Future. Washington, DC: The National Academies Press, 1998. 128 p. <https://doi.org/10.17226/6388>.

4. Назаренко І. П. Дослідження процесу зарядки дисперсної фази в діелектричних рідинах. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*: 2002. Вип. 9. С. 33–37.

5. Назаренко І. П. Моделювання біжучого електричного поля в електросепараторах діелектричних суспензій. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Технічні науки*. 2010. Вип. 101. С. 137–139.

6. Abramov A., Morozov A., Koshkina, Anastasia & Petryakov S. & Nuretdinova, J. The cleaning process model of diesel fuel in an electric field. *MATEC: Web of Conferences*. 2019. Vol. 298. No 00095. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929800095>.

7. Назаренко І. П., Лобода О. І., М Груба. О., Ларіков К. М. До питання випаровування рідин в коронному розряді. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2008. Вип. 8, т. 5. С. 44–48.

8. Mikheev, Gennady & Tarasov, V. & Mikheeva, T. Electroconvective purification of dielectric liquids. *Technical Physics Letters*. 2008. Vol. 34. P. 391–393. <https://doi.org/10.1134/S106378500805009X>.

9. Paul Flowers, Klaus Theopold, Richard Langley, William R. Robinson. OpenStax. Houston, Texas: 2019. 1207 p.

10. Эфендиев О. Ф. Электроочистка жидкости в пищевой промышленности. Москва: Пищевая промышленность, 1977. 149 с.

11. Asaad Rehman Saeed Al-Hilphy A practical study for new design of essential oils extraction apparatus using ohmic heating *International Journal of Agricultural Sciences*. 2019. Vol. 4(12). P. 351–366,

12. Мартынов А. Г. Очистка нефтепродуктов в электрическом поле постоянного тока. Москва: Химия, 1974. 89 с.

13. Green Nicolas, Morgan Hywel. Dielectrophoretic separation of nano-particles. *Applied Physics*. 1999. Vol. 30. P. 41. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/30/11/001>.

14. Shilov V. N. Dielectrophoresis of nanosized particle. *Colloid Journal*. 2008 Vol. 70. P. 515–528 (2008). <https://doi.org/10.1134/S1061933X08040170>.

15. John Bird. Electrical and Electronic Principles and Technology. 4 edition. Published by Elsevier Ltd: 2010. 441 p.



16. System for the dielectrophoretic separation of particulate and granular material: пат. 4100068 США, МКІ В03 С5/00. № 759202; заявл. 13.01.77; опубл. 11.07.78, United States Patent Office. 5 с.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2023 р.

V. Didur¹, O. Viunyk², H. Dashyvets²

¹**Uman National University of Horticulture**

²**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

ANALYSIS OF THE PURIFICATION METHODS OF OIL EXTRACTED FROM VEGETABLE RAW MATERIALS

Summary

The article presents the results of the analysis of methods of cleaning oil pressed from vegetable raw materials. The problem of purification of vegetable oils is an integral part of the problems associated with the purification of liquids used both in industry and in agriculture. In particular, in the technologies of the agro-industrial complex, the problem related to the purification of liquids occurs in animal husbandry during the disposal of sewage, during the processing of milk, in the technological processes of processing fruits, berries, grapes, beets, essential oil crops, in the technologies of recovery of technical liquids. The variety of product properties and technological requirements for their cleaning contributed to the creation of a large number of devices for removing impurities from liquids. Cleaning indicators depend on many factors, the main of which are: physical and chemical properties; temperature, productivity, etc. The work considers such methods of liquid purification as sedimentation, purification in hydrocyclones, filtration, sorption and ion exchange, distillation and freezing, electrocoagulation, electro dialysis and membrane electrolysis, biological methods, physical methods. Physical methods of cleaning and separating liquids are based on the force of magnetic, ultrasonic, electromagnetic, electric and ionizing radiation fields. Dielectrophoresis has been singled out as the most promising method of liquid purification. The method of dielectrophoresis has great prospects, which are primarily related to the creation of such a configuration of the electric field, which would allow ensuring effective trajectories of the movement of particles into the designated areas and their discharge from the device in continuous operation of the equipment, and the possibility of separating particles with different electrophysical properties.

Key words: liquid, analysis, method, purification

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 13, том 1.

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Скляр О. Г.

Комп'ютерна верстка: Комар А. С.

Підписано до друку 22 квітня 2023 р.
Друкарня ТДАТУ
26,76 умов. друк. арк.