

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ім. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ НАФТИ, ГАЗУ ТА ЕКОЛОГІЇ

МАТЕРІАЛИ

XXI Всеукраїнської
науково-технічної конференції

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ

29-30 вересня 2022 року, м. Одеса



ОДЕСА

2022

СКЛАД ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ

Співголови

Егоров Б.В. – д.т.н., професор, президент Одеського національного технологічного університету.

Поварова Н.М. – к.т.н., доцент, проректор з наукової роботи Одеського національного технологічного університету.

Косой Б.В. – д.т.н., професор, директор навчально наукового Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики Одеського національного технологічного університету.

Члени оргкомітету

Шпирко Т.В. – к.т.н., доцент, декан факультету Нафти, газу та екології.

Гаркович О.Л. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри Екології та природоохоронних технологій.

Тітлов О.С. – д.т.н., професор, завідувач кафедри Нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики.

Семенюк Ю.В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри Екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології.

Відповідальний за випуск: Семенюк Ю.В., завідувач кафедри Екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології.

Мова видання: українська, англійська

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Одеський національний технологічний університет
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій
та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
Факультет нафти, газу та екології

СЕКЦІЯ 1

«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ»

Керівники секції: д.т.н., проф. Тітлов О.С.; д.т.н., проф. Железний В.П.

УДК.664.653.122.; 664.653.124.

ЕНЕРГОМОНІТОРИНГ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЙ ТІСТОПРИГОТУВАННЯ

Янаков В. П. канд. техн. наук, старший викладач
Мелітопольський інститут державного і муніципального управління
"Класичного приватного університету",
місто Мелітополь, Україна

Завдання хлібопекарських, макаронних, кондитерських та переробних виробництв засновано на досягненні технологічного обґрунтованого рівня однорідності продукції, що випускається [1].. У вирішенні цієї проблеми спеціалізованого обладнання, що перемішує, визначає рішення мінімізації енергетичних витрат. В цілому, даний погляд на сучасному етапі забезпечує достатні параметри управління контролю так аналізу при реалізації технологічних операцій. Цей науковий підхід можна представити у вигляді алгоритму:

РАЗВИТОК ТЕОРИЇ ЗБАЛАНСОВАННОГО ХАРЧУВАННЯ ТА ТІСТОПРИГОТУВАННЯ

↓

ЗАВДАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

↓

ТЕХНОЛОГІЧНІ МОЖЛИВОСТІ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПЕРЕМІШУВАЮЧЕГО ОБЛАДНАННЯ

↓

ЯКІСНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИПУСКАЄТЬСЯ

↓

ДОМІНУВАННЯ У СЕГМЕНТІ ПРОДУКЦІЇ, ЩО ВИПУСКАЄТЬСЯ

Проведена робота показала, що інтенсифікація процесу технологій замісу можлива та дає спробу скоротити тривалість проміжку впливу досліджуваних тенденцій. Впровадження нових ідей у технологію випуску хлібобулочних виробів підтверджує, що модернізація та корегування технологічного процесу, а також структурна зміна окремих етапів процесу замісу тіста можлива з отриманням значного економічного ефекту. Принципи та методи інтенсифікації процесу замісу з позитивним моментом у покращенні структури тістоприготування.

$A_1 - (1,2\% - 3,3\%); A_2 - (2,3\% - 2,4\%); A_3 - (92,8\% - 93,4\%);$

$A_4 - (0,2\% - 1,3\%); E_{гид} - (0,2\% - 0,8\%)$

Досягнення технологічно обґрунтованого рівня однорідності продукції, що випускається є ключовою ланкою досліджень. Вивчення проблеми орієнтовано на досягнення максимального обсягу адаптації специфічних вимог. Можливо при мінімальних енерговитратах базується на аналізі енергетичного балансу спеціалізованого обладнання, що перемішується. Проаналізуємо вплив характеру технологій замісу, рівня витрат енергії A за цикл(обіг). Специфіка оптимального технологічного та товарознавчого режиму:

$$\Delta U = A + Q, \quad (1 [1])$$

$$E_k \eta_1 = E_p \eta_2, \quad (2)$$

$$A = \sum_{n=1}^{\infty} (A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + E_{\text{гид}} \dots + A_i + \dots + A_n) \quad (3)$$

$$A_{\text{ЕФ}} = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} A_{\text{ПОЗИТ}}}{\sum_{n=1}^{\infty} A_{\text{НЕГТ}}} \quad (4)$$

$$\eta = \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \eta_4 \dots + \eta_i + \dots + \eta_n}{n} \right) \quad (5)$$

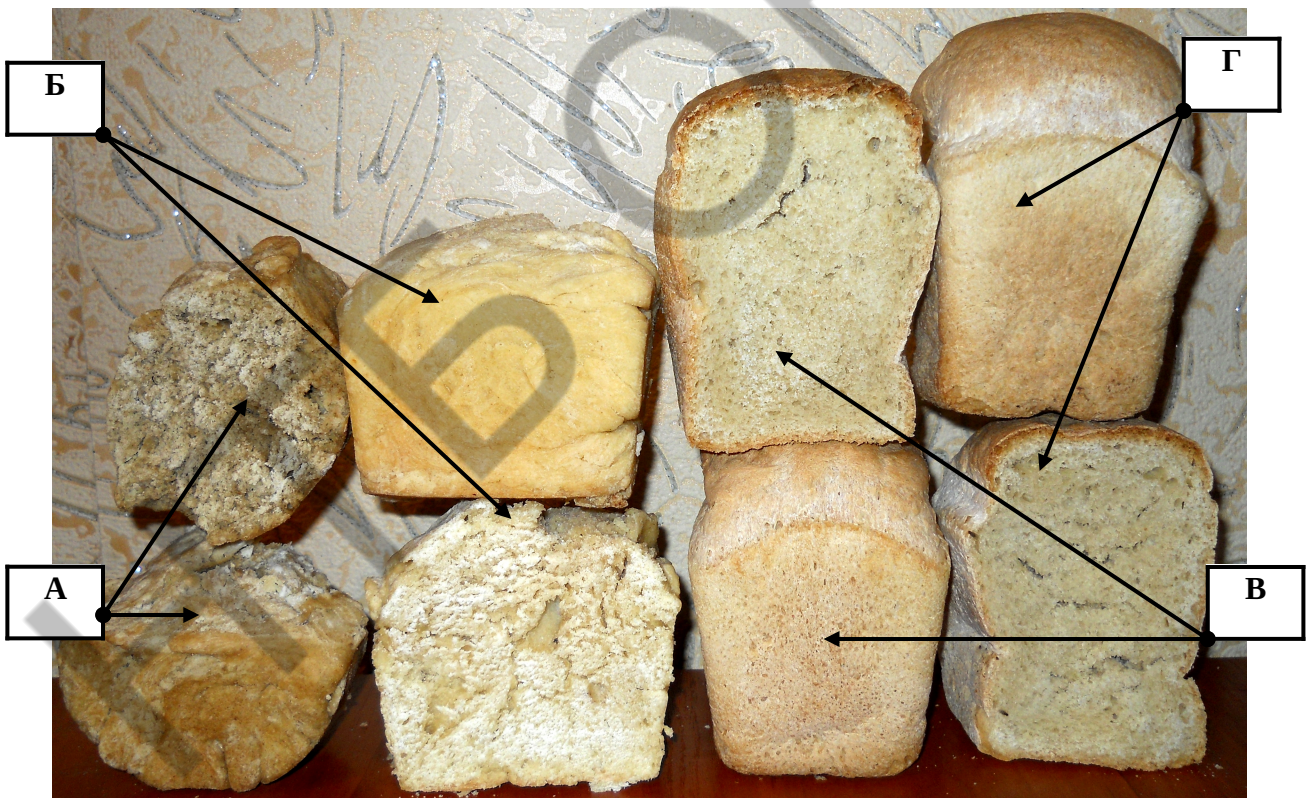
$$\tau = \sum_{n=1}^{\infty} (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 \dots + \tau_i + \dots + \tau_n) \quad (6)$$

де, розподілення витрат енергії A за цикл(обіг) робота у слідкуючому вигляді:

- ΔU — зміна внутрішньої енергії системи, Дж.
- Q — кількість теплоти, повідомлену системі, Дж.
- A — робота, проведена над системою, Дж.
- A — витрати енергії за цикл (обіг), Дж.
- E_k — кінетична енергія, що передається хлібопекарній продукції.
- η_1 — коефіцієнт, що характеризує якість передачі кінетичної енергії.
- E_p — потенціальна енергія, яка демонструє якісні зміни в хлібопекарній продукції.
- η_2 — коефіцієнт, що характеризує якість перетворення в хлібопекарній продукції.
- A_1 — робота на надання часткам рецептурних компонентів сировини в робочому обсязі, Дж/об.
- A_2 — робота витрачена на переміщення енергопередавальних органів спеціалізованого обладнання, Дж/об.
- A_3 — робота витрачена на нагрівання в робочому обсязі компонентів, що перемішуються та взаємодіючих з ними частин обладнання, Дж/об.
- A_4 — робота перемішування, що сприяє зміні молекулярно-енергетичних характеристик і продукції, що випускається, Дж/об.
- $A_{\text{позит}}$ — позитивна робота витрачена, яка витрачена при роботі спеціалізованого харчового обладнання, Дж.

- $A_{\text{негт}}$ — негативна робота, витрачена при роботі спеціалізованого харчового обладнання, Дж.
- $E_{\text{гид}}$ — енергія гідрації рецептурних компонентів сировини та продукції, що випускається, Дж/об.
- A_i, A_n — робота, витрачена при роботі спеціалізованого харчового обладнання, яка ще не визначена та досліджується, кВт.
- $A_{\text{еф}}$ — коефіцієнт ефективності використання характеру, режиму, типу, часу, структури та методу взаємозв'язку показників енерговитрат.
- $\eta, \eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_i, \eta_n$ — кпд складових витрат потужності спеціалізованого харчового обладнання, ед.
- $t, t_1, t_2, t_3, t_4, t_i, t_n$ — тривалість енергетичного впливу на сировину, що перемішується, і тісто по виконанню завдань технологій замісу, с.
- n — кількість складових розрахунку, ед.

Особливістю впровадження у практику спеціалізованих харчових виробництв енергомоніторингу з зростання ефективності технологій замісу [2-5]. Вирішення цих проблем на високому технічному рівні засновано на структурному, рецептурному та якісному потенціалі рецептурних компонентів сировини. Її апаратне використання спрямовано на максимальну реалізацію потенціалу застосованої рецептурної сировини продукції, що випускається. Технічне здійснення енергетичного спеціалізованого устаткування, що перемішується та реалізується через структуру своєї продукції.



Малюнок 1 – Структура хліба формового, пшеничного першого сорту, 0,5 кг:

А – хліб на основі ручного замісу з задаванням спеції

"Коріандр" 40 грм.;

Б – хліб на основі ручного замісу;

В – хліб "Нива" ТОВ "Хлібодар", Мелітопольський хлібокомбінат;

Г – хліб "Нива", ТОВ "Хлібороб".

Аналізуючи формули 1-6 можна чітко визначити межі поліпшення спеціалізованого перемішувального обладнання періодичної та безперервної дії. Комплексне вдосконалення енергетичної дії на рецептурні компоненти сировини спрямовані на збільшення енерговитрат A_1 , A_2 , A_4 , в частці енергетичного балансу. Зменшення роботи A_3 служить показником досконалості процесу перемішування. Здійснюється за допомогою організації кількісних та якісних показників технологій замісу:

- **Технології замісу:** спираються на різноманітність компонентів рецептурної сировини та продукції, що випускається (тіста, емульсій, кремів, суфле, помадок, сирків, морозива та інших.).
- **Результативність характеристик:** розподіл енерговитрат базується лише на рівні структури, характеру, режиму, вигляді, типі, часу, методу і особливості розподілу взаємозв'язку показників.
- **Розподіл характеристик:** спирається на аналіз та коригування у видозміні рівня структури та якості розподілу енергії в робочому обсязі через ключові (базові) та додаткові(супутні) процес виробництва.
- **Специфіка енергетичного впливу:** на різні у структуру і якість з тих самих компонентів рецептурної сировини та вибору структурного, рецептурного та якісного потенціалу можна підтвердити ступенем однорідності.
- **Обрання вибору:** зміна енергетики технологій замісу з моніторинг, контроль, аналіз, перевірки, корегування та моделювання процесів якості та структуроутворюючих перетворень тістоприготування.
- **Оперативний контроль:** рівня, структури і якості вибору розподілу енергії в об'ємі, що перемішується, та накладання вібраційного та електромагнітного полів змін пластичної, та структурно-механічної деформації.
- **Специфіка встановлення:** оптимального, технічного, та товарознавчого режиму замісу та обґрунтування енерговитрат у об'ємі, що перемішується, спеціалізованого обладнання в період роботи.

При розрахунку енерговитрат на технології замісу враховувалися дві групи періодичної дії та безперервної дії. Вони представлені змішувачами механічними, гідромеханічними, електровихровими, змішувачами для приготування макаронного тесту, змішувальними машинами, емульгаторами та агрегатами. Розуміння принципів та методів інтенсифікації процесу замісу з позитивним моментом у вдосконаленні структури тістоприготування. Одночасно покращуються якісні прокатники продукції, що випускається.

Дослідження в даному напрямку продовжуються .

Література.

1. Бурдо О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств – Одесса: Полиграф, 2008. – 244 с.
1. Янаков В.П. Анализ технологических инноваций замеса / В.П. Янаков // Инновационные энерготехнологии / – 2021. – С. 12-14.
2. Янаков В.П. Оценка эффективности технологий замеса / В.П. Янаков // Энергия. Бизнес. Комфорт / – 2020. – С.20–23.
3. Янаков В.П. Оценка развития предлагаемой теории тестоприготовления (Энергетические аспекты, подходы, методы) / В.П. Янаков // Актуальные проблемы энергетики и экологии / – 2020.– С. 267-269.
4. Янаков В.П. Оценка развития технологий замеса теста (Аспекты инженерного образования) / В.П. Янаков // Непрерывная система образования "Школа - университет" инновации и перспективы / – 2020. – С. 459 - 463.

ДОБОВІ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРИ НА ОСНОВІ ТЕПЛОТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ

Дем'яненко Ю.І., к.т.н., доцент

Одеський національний технологічний університет

За умов здорожчання тарифів на енергоносії проблема енергозбереження стає дедалі актуальнішою. Один із напрямків – застосування теплових акумуляторів (ТА) в системах опалення та гарячого водопостачання з електричними та теплонасосними джерелами тепла.

Для стимуляції зменшення пікового споживання електроенергії в Україні впроваджені двозонні та тризонні тарифи на електроенергію. При двозонному обліку, який є раціональним за місячного споживання до 500 кВт·год, с 23.00 до 7.00 діє розрахунковий коефіцієнт 0,5, тобто тариф менший вдвічі. Тому одним із перспективних напрямів зниження денних пікових навантажень на електромережу є оснащення індивідуальних будинків акумуляторами теплоти, що заряджаються вночі.

При цьому визначальним фактором є вибір теплоакумуючого матеріалу (ТАМ). ТА на основі води розраховують на 2 – 3 години роботи через постійну зміну параметрів акумулятора під час відбору теплоти (зменшується температура термоакумуючого матеріалу). Тому актуальним є використання ТАМ з фазовим переходом, наприклад, парафінів. Донедавна їхньому широкому застосуванню заважали складнощі конструктивної реалізації таких апаратів, пов'язані з нерівномірністю плавлення (затвердіння) парафіну. В одній із експериментальних робіт, щоб уникнути цього, навіть використовувався шнековий теплообмінник для перемішування парафіну (рис. 1).



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд двофазного теплового акумулятора

Попри громіздкість конструкції вона ще потребує реверсивного приводу для обертання шнеку, а також регулювання частоти обертів, виходячи з необхідної кількості теплоти [1]. Автори стверджують, що застосування шнекового теплообмінника для передачі теплової енергії від теплоакумуючого матеріалу до теплоносія системи тепlopостачання дозволяє спростити конструкцію, зменшити розміри теплоакумуючої установки та виключити засмічення теплообмінної поверхні, а також здійснити контроль розряду та заряду теплового акумулятора. З огляду на вищесказане очевидно, що така конструкція є неприйнятною не тільки в індивідуальних житлових будинках, але і взагалі будь-де.

В роботі [2] запропонований ємнісний парафіновий ТА, де у ванні з парафіном встановлені касети із змієвиковими теплообмінниками з тонкостінної гофрованої нержавіючої трубки. Касети армовані сталевим каркасом (сіткою) із дроту діаметром 1 мм

(рис.2). Напрямок руху гарячої води в сусідніх касетах зустрічний. У цьому випадку середня температура двох сусідніх трубок приблизно однакова у будь-якому перерізі акумулятора чим, на думку авторів, досягається ефект рівномірного плавлення парафіну у всьому обсязі ванни.



а)



б)

Рисунок 2. а – касета акумулятора теплоти: 1 – корпус; 2 – теплоізоляція; 3 – еластична оболонка; 4 – парафін; 5 – касета; 6 – металева сітка каркасу; 7 – колектори; 8 – гофрована труба теплообмінника. б – парафінова ванна ТА з касетами.

Автори стверджують, що теплової ємності ТА 75 кВт·год достатньо для опалення та ГВП будинку 100 м² з трьома мешканцями за температури -15°C і питомих тепловтрат 40 Вт/м². Очевидно, що це не відповідає дійсності хоча б тому, що принаймні вдвічі занижені питомі тепловтрати будинку.

Запропонована конструкція, на відміну від ТА зі шнековим теплообмінником, може бути реалізована, проте обидві вони є неприйнятними для індивідуального господарства, бо потребують постійного кваліфікованого обслуговування. Крім того, відкритий контакт з повітрям парафіну, який є пожежонебезпечним і відноситься до 4-го класу небезпеки, вимагає припливно-витяжної вентиляції приміщення і світильників у вибухонебезпечному виконанні [3].

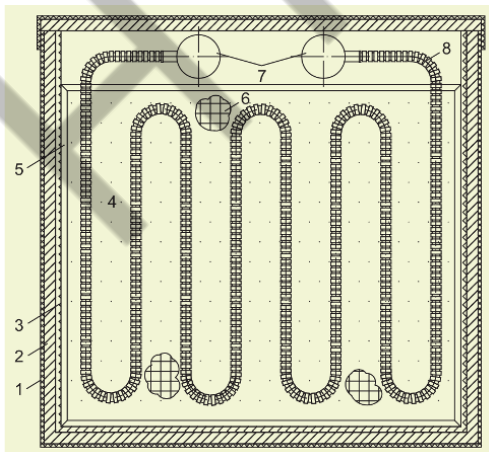


Рисунок 3 – Парафіновий ТА з насипною насадкою

Парафіновий ТА, запропонований німецькою фірмою [4], вигідно відрізняється від розглянутих конструкцій (рисунок 3). Парафін запааний у пластмасові кульки, які у вигляді насипної насадки заповнюють внутрішній об'єм апарата.

Така конструкція усуває проблему нерівномірного затвердіння (плавлення) парафіну та виключає його потрапляння в робочу зону приміщення, де встановлений ТА.

Це серійний апарат, випускається різних об'ємів і є на ринку теплогенеруючого обладнання України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Осташенков А.П., Онучин Е.М., Медяков А.А. Аккумулятор теплоты на фазовых переходах со шнековым теплообменником – Научный журнал КубГАУ, №91, 2013 г. <http://ej.kubagro.ru/2013/07/pdf/27.pdf>
2. Наумов А.А., Серов С.Ф., Дегтярев Н.С. Аккумуляционные системы теплоснабжения индивидуальных домов. – АВОК, №2, 2010
3. Правила пожежної безпеки в Україні <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>
4. <https://shwt-warmwasserspeicher.de/800-Liter-PCM-Pufferspeicher-Latentwaermespeicher>

УДК 621.575.932:621.565.92

РОЗРОБКА АБСОРБЦІЙНИХ ВОДОАМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ДЛЯ РОБОТИ В СИСТЕМАХ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Осадчук Є.О., канд. техн. наук, ст. викладач,
Нікітін Д.М., д-р техн. наук, доцент
Одеський національний технологічний університет

Загальновідомо, що найціннішим ресурсом на планеті найближчим часом стане вода, а боротьба за водні ресурси в світі є одним з факторів в сучасних збройних конфліктах і, ця тенденція буде тільки зростати в досяжному майбутньому. Тому одним з найважливіших завдань є більш розвинутою технологій дозволяють витягати воду з повітря, причому безпосередньо на місці, де вона необхідна. Найбільші перспективи мають методи, пов'язані з роботою автономних генераторів штучного холоду, які гарантовано забезпечують температуру охолодження повітря нижче точки роси.

Найбільш перспективним напрямком тут є розробка систем отримання води з атмосферного повітря на базі абсорбційних водоаміачних термотрансформаторів (АВТТ), що працюють від джерела низько потенційного тепла - сонячної енергії.

Однією з особливостей АВТТ є взаємозалежність температур в характерних процесах циклу - температури гріючого середовища t_h , температури охолоджуючого середовища t_w , температури об'єкта охолодження t_{ob} . З трьох температур довільно можуть бути задані тільки дві [1].

Як показує практика, робота холодильної установки повинна забезпечувати заданий рівень охолодження, а сама установка працювати у відповідних кліматичних умовах, тобто при заданій температурі охолоджуючого середовища. Тому, реальним параметром, який може змінюватися є тільки температура гріючого джерела[2].

На першому етапі аналітичних досліджень за наведеним нижче алгоритмом було виконано пошук діапазону температур гріючого джерела, який би задовольняв умовам роботи АВТТ та вимогам до об'єкта охолодження.

Алгоритм пошуку робочих режимів АВТТ полягав у наступному.

Задаються температури об'єкта охолодження $t_{ob} = -30\text{ }^{\circ}\text{C}; -15\text{ }^{\circ}\text{C}; -5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для кожного чисельного значення температури t_{ob} проводився розрахунок з фіксованим значенням температурі t_w з діапазоном $25\ldots 43\text{ }^{\circ}\text{C}$ і з кроком в $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для заданих значень t_{ob} і t_w проводився розрахунок кратності циркуляції f зі змінною t_h з кроком в $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. У разі, якщо $f > 0$, роблять висновок, що режим роботи АВТТ може бути реалізований, а в іншому випадку, коли $f < 0$ - режим роботи не існує.

Результати розрахунків мінімально необхідної температури гріючого джерела залежно від температур об'єкта охолодження та охолоджувального середовища представлені на рис. 1.

Представлені на рис.1. залежності характеризують граничні чисельні значення температур гріючого джерела тепла, які необхідні для реалізації циклу АВТТ при роботі в заданих кліматичних умовах.

Аналіз цих результатів показує, що АВТТ в системі з сонячним колектором на воді у якості теплоносія може знайти застосування тільки в системах кондиціонування повітря при температурі охолоджуючого середовища не вище $32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Як показав аналіз, при низьких температурах охолоджуючого середовища і гріючого джерела зона дегазації може мати від'ємне значення, тобто цикл АВТТ не може бути реалізований.

На другому етапі термодинамічних розрахунків проведено аналіз циклів насосних АВТТ і визначені енергетичні характеристики циклів — теплове навантаження на елементи та тепловий коефіцієнт залежно від температури гріючого джерела і охолоджуючого середовища.

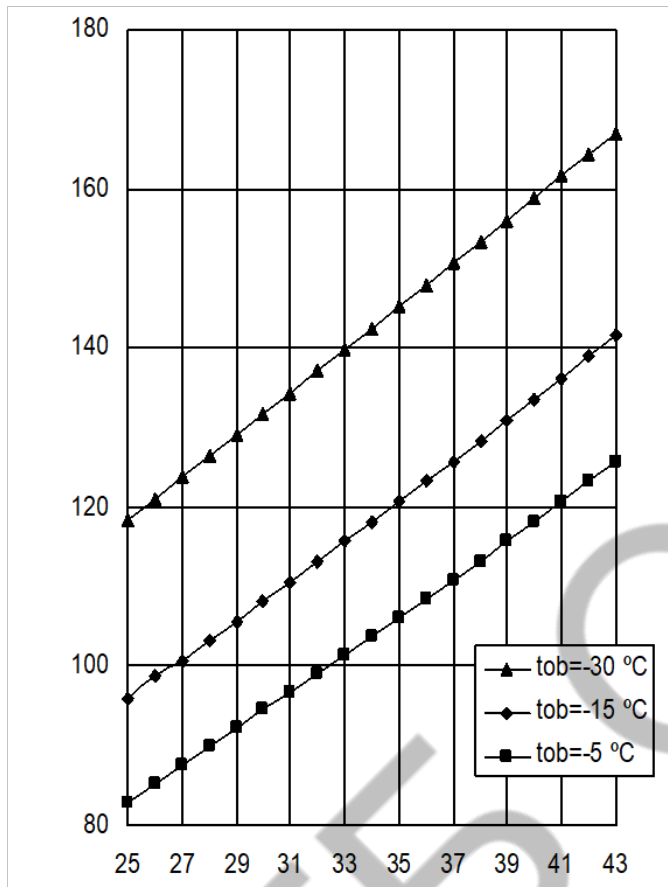


Рис. 1. Результати розрахунку мінімально необхідної температури гріючого джерела (t_h) залежно від температур об'єкта охолодження (t_{ob}) та охолоджуючого середовища (t_w)

пояснюється:

- при низьких температурах гріючого джерела тепла має місце висока кратність циркуляції розчину;
- при високих температурах гріючого джерела тепла має місце зростання кількості води в паровому потоці водоаміачної суміші, наприклад, при температурі охолоджувального середовища 25 °C і температурі об'єкта охолодження – 5 °C зростання частки води становить більше, ніж на порядок.

У розрахунковому діапазоні у всіх випадках збільшення температури гріючого джерела призводить до різкого зменшення потужності циркуляційного насоса АВТТ, що перекачує міцний розчин з абсорбера в генератор.

При температурах гріючого джерела тепла від 90 °C до 130 °C потужність циркуляційного насоса має мінімальні чисельні значення. З ростом температури гріючого джерела спостерігається її зменшення.

Температура об'єкта охолодження в розрахунках склала: – 5 °C; – 15 °C; – 25 °C, температура охолоджуючого середовища: від 10 до 32 °C. Мінімальна температура гріючого середовища при аналізі склала 90 °C, максимальна — 170 °C. Чисельні значення мінімальної температури вибрано на межі реалізації циклів АВТТ, а максимальної — з урахуванням початку активної корозії конструкційного матеріалу.

Розрахунок циркуляційного насоса проведено для теплового навантаження випарника АВТТ 1000 Вт.

Результати розрахунку насосної схеми АВТТ представлені у вигляді графічних залежностей на рис. 2.

Аналіз наведених на рис. 2 результатів показує наступне.

У всіх випадках спостерігається максимум енергетичної ефективності циклів АВТТ.

При зниженні температури випарника максимум енергетичної ефективності зміщується в область високих температур гріючого середовища, а його чисельні значення зменшуються.

Аналіз результатів розрахунку показав, що такий вигляд залежностей

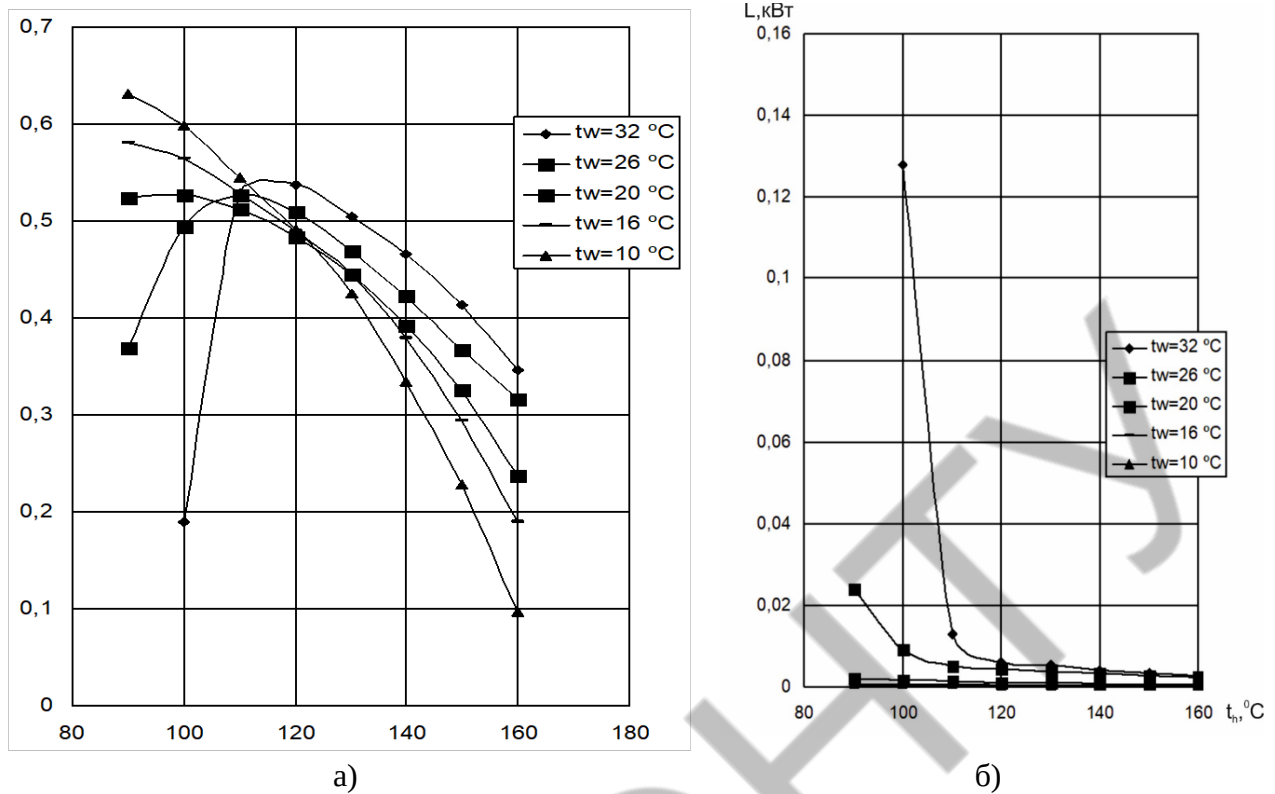


Рис. 2. Результати розрахунку енергетичних характеристик: теплового коефіцієнта циклу (а) і потужності циркуляційного насоса (б) насосної АВТТ при різних температурах навколишнього (t_w) і грійучого середовища (t_h), при температурі об'єкта охолодження $t_{ob} = -5^\circ\text{C}$

Проведено аналітичне дослідження циклу АВТТ з регенеративними теплообмінниками і побудовано залежності температури грійучого джерела при різних температурах об'єкта охолодження і охолоджувального середовища, що забезпечують максимальну енергетичну ефективність в даних умовах (рис. 3). У частині перспективи роботи АВТТ на низькопотенційних джерелах теплової енергії, аналіз отриманих результатів розрахунку (рис.3) дозволяє зробити наступні висновки.

По-перше, у діапазоні розрахункових параметрів з ростом температури зовнішнього повітря (охолоджувального середовища t_w) збільшується і необхідна температура грійучого джерела t_h . Так, наприклад, при зростанні t_w від 20°C до 45°C при фіксованій температурі $t_{ob} = 5^\circ\text{C}$ температура t_h збільшиться від 65°C до 110°C .

По-друге, у діапазоні розрахункових параметрів зростання температури об'єкта охолодження, наприклад, від -30°C до 15°C при фіксованій температурі зовнішнього повітря 45°C призведе до зниження температури грійучого джерела від 138°C до 85°C .

По-третє, для роботи в умовах тропічного клімату ($t_w = 35\dots45^\circ\text{C}$) і при температурі об'єкта охолодження 5°C (гарантована температура «точки роси») температура грійучого джерела повинна бути вище 110°C .

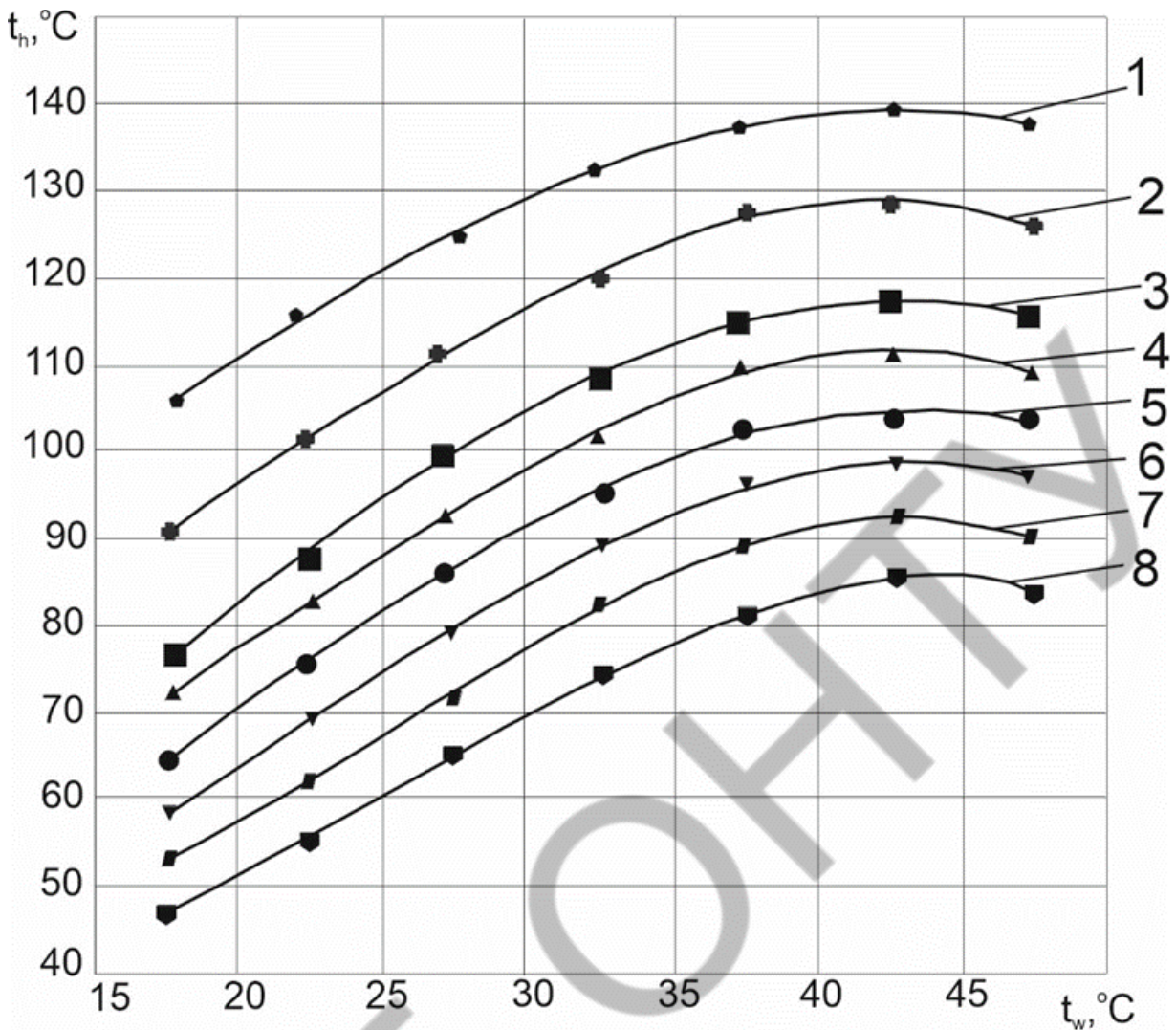


Рис.3. Залежність температури гріючого джерела від температури охолоджуючого середовища при різних значеннях температури об'єкта охолодження і при максимальному значенні теплового коефіцієнта: температура об'єкта охолодження: 1: – 30 °C; 2: – 20 °C; 3: – 10 °C; 4: – 5 °C; 5: 0 °C; 6: 5 °C; 7: 10 °C; 8: 15 °C

З урахуванням наведеного вище аналізу була запропонована оригінальна конструкція АВТТ з бустер-компресором (рис.4) після генератора, яка захищена патентними документами України і Республіки Казахстан [3].

Система (рис.4) містить сонячні колектори 1 із замкнутим циркуляційним контуром 2, заповненим рідким теплоносієм, і з теплообмінником 3. Циркуляція теплоносія по контуру 2 і теплообміннику 3 здійснюється за допомогою насоса 4.

До складу установки входить АВТТ, яка містить: генератор 5; бустер-компресор 6; повітряний конденсатор 7; дросельний вентиль холодильного агента 8; випарник 9; абсорбер 10; насос «міцного» розчину 11; дросельний вентиль 12, теплообмінник «міцного» і «слабкого» ВАР 13.

Випарник 9 і абсорбер 10 встановлені послідовно у спеціальному повітряному каналі 14 таким чином, щоб повітряний потік за допомогою вентилятора 15 надходив спочатку на випарник 9, а потім на абсорбер 10. Нижня частина випарника 9 пов'язана з ємністю для збору конденсату 16.

Охолодження конденсатора 7 здійснюється окремим вентилятором 17. У внутрішній порожнині генератора 5 встановлені канали теплообмінники 3 циркуляційного контуру 2.

У результаті розрахунку було визначено в практичному діапазоні параметрів експлуатації систем з сонячними колекторами енергетично ефективний режим для бустер-компресора.

Для систем при експлуатації в помірному кліматі це: тиск кипіння в генераторі 1,0 МПа і температура 80 °С.

Доведено, що для умов роботи випарника при температурі 5 °С зниження електричної потужності в системах АВТТ з бустер-компресором, порівняно з ПКТ, у 3,3 рази при експлуатації в помірному кліматі і у 2,4 рази — у тропічному кліматі.

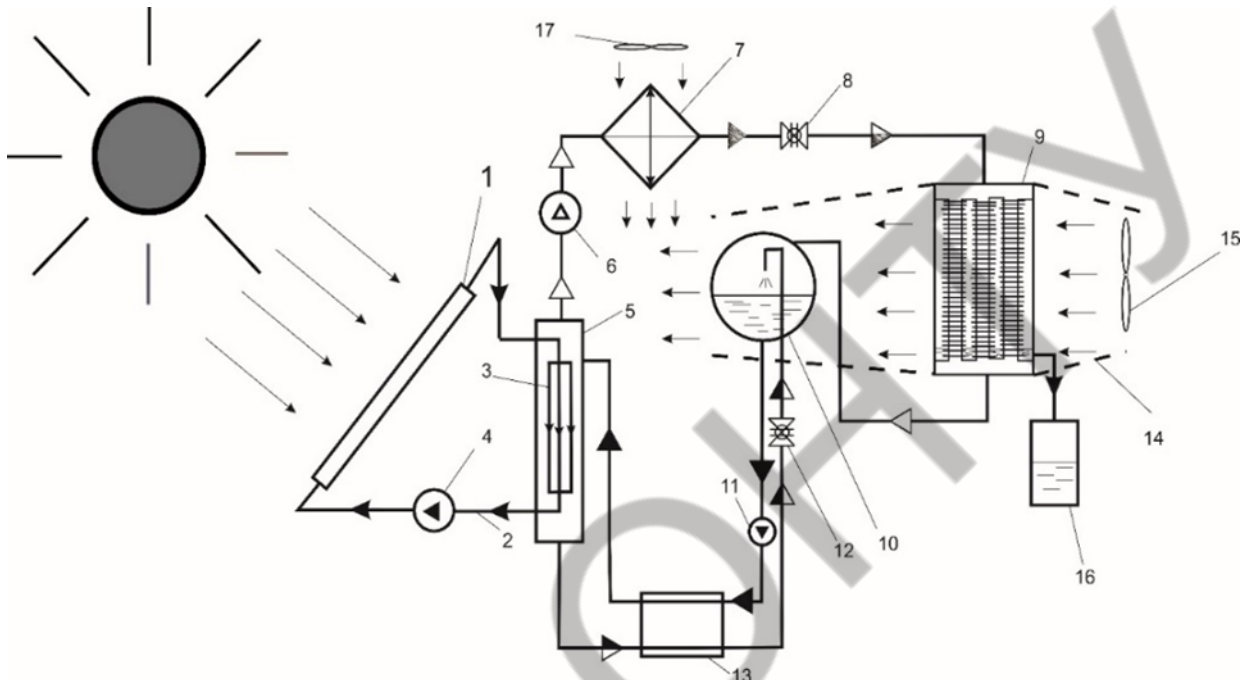


Рис.4. Схема АВТТ з бустер-компресором: 1 — система сонячних колекторів; 2 — циркуляційний контур; 3 — теплообмінник; 4 — циркуляційний насос; 5 — генератор; 6 — бустер-компресор; 7 — конденсатор пари аміаку; 8 — дросель рідкого аміаку; 9 — випарник; 10 — абсорбер; 11 — насос міцного розчину; 12 — дросель слабого розчину; 13 — теплообмінник розчинів; 14 — повітряний кагал; 15, 17 — вентилятор; 16 — збірник конденсату

Інформаційні джерела

1. Бадилькес И.С., Данилов Р.Л. Абсорбционные холодильные машины. М.: Пищевая пром-сть, 1966. 356 с.
2. Галимова Л.В. Абсорбционные холодильные машины и тепловые насосы Астрахань: Изд-во АГТУ, 1997. 226 с.
3. Titlov A., Osadchuk E., Tsoy A., Alimkeshova A., Jamasheva R. Development of cooling systems on the basis of absorption water-ammonia refrigerating machines of low refrigeration capacity // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. – № 2/8 (98). – P. 57-67. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.164301. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.164301>

УДК 621.575.932:621.565.92

РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ МОРСЬКИХ І РІЧКОВИХ СУДЕН НА БАЗІ АВХА З ВТОРИННИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Адамбаєв Д.Б., PhD,
Нікітін Д.М., д-р техн. наук, доцент
Одеський національний технологічний університет

Для суднових систем холодильної техніки і кондиціонування повітря відомою енергоощадної пропозицією є застосування тепловикористовуючих апаратів, які утилізують теплоту відхідних газів головних суднових двигунів і котельних установок. Ефективність пропозиції пов'язана з тим, що втрати тепла з димовими газами котлів на сучасних судах становлять 7...8 %, втрати тепла в дизельних установках судів 28...40 %.

Крім обробки їх повітря в системах кондиціонування штучний холод, вироблений тепловикористовуючими холодильними машинами може використовуватися для глибокого охолодження наддувочного повітря і побутових потреб.

Потреба в штучному холоді для цих цілей становить 2000 - 5000 кВт, що нескладно забезпечити за допомогою тепловикористовуючих холодильних машин – пароежекторних і абсорбційних.

Одним із способів підвищення енергетичної ефективності суднових холодильних систем є утилізація скидного тепла для реалізації холодильного циклу. Відома велика кількість технічних пропозицій по використанню в суднових системах кондиціонування абсорбційних бромістолітєвих холодильних машин. У цьому випадку немає необхідності в додатковому дизельному паливі для вироблення електроенергії для роботи холодильних машин.

У той же час бромістолітєві системи не дозволяють отримати температури охолодження нижче 0 °С і не можуть бути використані для низькотемпературного зберігання харчових продуктів і сировини, а також для глибокого переохолодження наддувочного повітря дизельних агрегатів.

Вирішити таку задачу можуть абсорбційні холодильні агрегати (АВХА) з робочим рівнем температур охолодження від мінус 30 до мінус 10 °С. В даний час невідомий досвід застосування АВХА у складі суднових систем охолодження, що використовують в роботі не придатне тепло вихлопних газів дизельних агрегатів.

При використанні АВХА в складі суднових систем охолодження та кондиціонування повітря проблеми енергозабезпечення можуть бути вирішені і без підключення додаткового енергетичного обладнання, а тільки за рахунок утилізації тепла вихлопних газів дизель-генераторів.

Таким чином, дослідження, що стосуються розробки суднових холодильних систем на базі АВХА з вторинними джерелами теплової енергії та підвищення їх енергетичної ефективності є актуальними.

Мета роботи – розробка систем охолодження морських і річкових суден на базі АВХА з вторинними джерелами теплової енергії.

Об'єкт дослідження – АВХА з вторинними джерелами теплової енергії.

Предмет дослідження – термодинамічні цикли, теплові режими, схеми і конструкції АВХА з вторинними джерелами теплової енергії у складі систем охолодження морських і річкових суден.

Був проведений аналіз систем охолодження на базі АВХА з вторинними джерелами теплової енергії морських і річкових суден. Розглядалися як насосні, так і безнасосної схеми АВХА. Для подальших досліджень було обрано безнасосної цикл АВХА, що дозволяє використовувати джерело теплової енергії на рівні від 200 °С і стабільно працює в умовах качки і хвилювання на морі.

Доведено, що при вирішенні задач енергоресурсозбереження практично не приділяється уваги малим споживачам штучного холоду на морських судах – апарату низькотемпературного зберігання харчових продуктів і напівфабрикатів для потреб командного складу. Потреби холоду в таких апаратах незначні, порівняно з виробничими, а традиційним виробником холоду в них є фреонові парокомпресійні агрегати, що використовують тільки електричні джерела енергії.

Робоче тіло АВХА – водоаміачних розчин (ВАР) з добавкою інертного газу – водню, гелію або їх суміші абсолютно екологічно безпечно – має нульові значення озоноруйнівної потенціалу та потенціалу «парникового» ефекту.

Холодильні апарати з АВХА мають і ряд таких унікальних якостей, як: безшумність, висока надійність і тривалий ресурс, відсутність вібрації, магнітних і електричних полів при експлуатації; можливість використання в одному апараті декількох різних джерел теплової енергії – як електричних, так і альтернативних (теплота згоряння органічного палива, сонячне випромінювання, вихлопні гази двигунів внутрішнього згоряння); можливість роботи з неякісними джерелами енергії, в тому числі і електричної в діапазоні напруги мережі 160 ... 240 В.

Холодильні апарати з АВХА, оснащені паликовими пристроями, широко використовуються туристами і мандрівниками, так як їм немає альтернативи в районах з відсутністю електроенергії.

Для роботи на морських судах можуть бути використані два типи АВХА – з повітряним і рідинним охолодженням теплорассеюючих елементів (конденсатора, дефлегматора і абсорбера).

У першому випадку забезпечується повна автономність холодильного апарату, але конструкція досить громіздка, по-другому випадку ситуація зворотна: металоємність мінімальна, але потрібно циркуляційний насос для прокачування охолоджуваної води.

АВХА з повітряним охолодженням теплорассеюючих елементів в режимі природної конвекції (надалі – АВХА з повітряним охолодженням) серійно випускаються в Україні на Васильківському заводі холодильників (Київська область).

При використанні АВХА в складі суднових низькотемпературних камер проблеми енергозабезпечення можуть бути вирішені і без підключення додаткового енергетичного обладнання, а тільки за рахунок утилізації тепла вихлопних газів дизель-генераторів.

Проведені аналітичні дослідження довели перспективність застосування в складі систем охолодження морських і річкових суден АВХА, які можуть вирішувати завдання низькотемпературної обробки за рахунок утилізації тепла непридатних джерел (газів, що відходять енергетичних установок).

АВХА мають змогу успішно працювати з неелектричними джерелами енергії, в тому числі і з поновлюваними ресурсами (енергією сонячного випромінювання). Для розрахунку процесів тепломасообміну в елементах АВХА і допоміжного обладнання (теплоізованих камер і теплопередаючих пристроїв на базі теплових труб і двофазних термосифонів) можуть бути використані сучасні методики розрахунку і моделювання.

Доведено, що для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі: провести моделювання елементів АВХА в умовах роботи з вторинними джерелами теплової енергії; провести експериментальні дослідження аналогів АВХА для уточнення граничних умов при моделюванні; розробити перспективні схеми і конструкції АВХА в системах охолодження морських і річкових суден.

Була розроблена і оригінальна модель процесів тепломасообміну і гідравлічних режимів випарника безнасосного АВХА.

Розрахунками було доведено, що течія обох фаз в випарнику АВХА суто ламінарне в широкому діапазоні чисельних значень теплового навантаження на генератор-термосифон. Це дозволяє забезпечити надійну роботу системи охолодження при зміні тепlopідводу від енергетичного обладнання суден в діапазоні 10...100 %.

Аналіз термодинамічних циклів АВХА показав, що у випарних системах слід домагатися максимального переохолодження рідини на початок контактної взаємодії з парогазовим потоком, тобто температура рідкого аміаку на вході адіабатного ділянки випарника повинна бути наближена до мінімальної температури випаровування. При наявності різниці температур потоків матиме місце дроселювання рідкого аміаку в парогазовий потік, до настання термодинамічної рівноваги парової суміші та рідини. Наявність же небажаного пара аміаку в парогазовій суміші на адіабатній ділянці випарника призведе до зниження перепаду парціальних тисків в процесі випаровування і, відповідно, до зростання температур в випарнику. Відповідним чином зросте температура об'єкта охолодження. Оцінка впливу ступеня переохолодження вхідного потоку рідкого аміаку на режими роботи випарника АВХА показала, що: при зниженні температури рідкого аміаку на вході випарника на 5 °С по порівнянню з температурою випаровування температури в випарнику зростуть в середньому 1,5 °С; для забезпечення нормативних режимів охолодження необхідно забезпечувати попереднє охолодження потоку парогазової суміші на вході адіабатного ділянки випарника в 2...6 °С (для об'єктів охолодження з температурою мінус 24...мінус 18 °С) і до 10 °С (для об'єктів охолодження з температурою 0...12 °С); підвищення ступеня очищення потоку ПГС в абсорбере за рахунок інтенсифікації зовнішнього теплообміну або за допомогою використання «непридатного» холоду випарника дозволяє підвищити температуру потоку очищеної ПГС на вході адіабатного ділянки випарника на 4...6 °С, тобто зменшити витрати холоду на попереднє охолодження до 12 % (для об'єктів охолодження з температурою мінус 24...мінус 18 °С) та до 15 % (для об'єктів охолодження з температурою 0...12 °С).

Розроблені моделі дають можливість розраховувати основні параметри безнапірного ламінарної ручейкової течії рідкої фази в трубах теплообмінних апаратів АВХА, такі як геометричні розміри і площа поперечного перерізу потоку, а також його максимальну і середню швидкості. Розрахунки можна здійснювати без врахування поверхневого натягу рідини і, якщо це необхідно, з його урахуванням.

Доведено, що залежність питомої кількості підведеної тепла до генератору АВХА має мінімум в діапазоні величин тепловою навантаження від 45 до 85 Вт і температур кінця кипіння від 140 до 160 °С, а наявність мінімуму енерговитрат можна пояснити оптимальним співвідношенням термодинамічних параметрів і теплофізичних характеристик водоаміачного розчину в даному діапазоні температур, тисків і складу фаз.

Для коригування модельних уявлень були проведені експериментальні дослідження типовий безнасосної АВХА з елементами інтенсифікації зовнішніх процесів підводу теплового навантаження до генератора.

В процесі проведення експериментальних досліджень АВХА були отримані результати, що показують економічну перспективність роботи в стаціонарних умовах на природному газі.

Найбільші перспективи при цьому мають АХП підвищеного корисного об'єму (200 дм³ і вище). Добові експлуатаційні витрати в них складають 0,078 ... 0,084 \$, що нижче випадку використання електрики на 23 ... 27 %.

При встановленні в систему опалення та гарячого водопостачання термосифона АВХА з'являється можливість використовувати температурний потенціал відхідних продуктів згоряння і повністю виключити експлуатаційні витрати.

При цьому залишається і потенціал подальшого теплотехнічного вдосконалення газопаливними пальниками, наприклад, за допомогою турбулізатора потоку гарячих продуктів згоряння.

Важливим фактом залишається і можливість роботи побутового АХП і з електричним джерелом енергії і з природним газом. Це дозволяє підвищити надійність холодильного приладу, особливо в районах з проблемною подачею електричної енергії.

Таким чином проведені дослідження показали, що: з усіх типів побутового холодильного обладнання абсорбційного типу, максимальні економічні вигоди при роботі на природному газі можна отримати для камер підвищеного корисного об'єму (200 дм³ і вище);

вартість експлуатації камер з АВХА середнього обсягу (120...160 дм³) порівнянна як для випадку використання електричної енергії, так і природного газу; з економічної точки зору не слід використовувати природний газ для холодильників абсорбції малого корисного об'єму (30...50 дм³).

Проведені експериментальні дослідження показали доцільність установки у між-контактному зазорі високопористого комірчастого матеріалу (ВПКМ), незважаючи на те, що ефективна теплопровідність його більш, ніж в 50 разів нижче однорідного металу. При наявності повітряних зазорів термічний опір вище, ніж в разі використання ВПКМ на кілька порядків. Так, наприклад, товщині стисненого шару ВПКМ в 0,005 м повинен відповідати повітряний прошарок товщиною $3 \cdot 10^{-6}$ м.

Аналіз результатів експериментальних досліджень універсальної холодильної камери на базі АВХА з системою управління подачею потоком газу показав її працездатність і можливість роботи в енергозберігаючих режимах.

Для стабілізації теплового навантаження на генератор-термосифон АВХМ був обраний теплоакумуючий матеріал – евтектика 60 Zn Cl₂ - 20 NaCl - 20 молярних часток KCl, з температурою плавлення 203 °С.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу відомих технічних рішень були обрані дві базові схеми систем охолодження морських і речних судів на базі АВХМ з повітряним і рідинним охолодженням теплорасеюючих елементів. При цьому було показано, що теплові режими відходять потоків продуктів згоряння типових енергетичних установок суден водного транспорту можна моделювати за допомогою газопальниковими пристроїв з природним газом і скрапленим пропаном. Це дозволило оптимізувати матеріально-технічні витрати при проведенні експериментальних досліджень дослідних зразків систем охолодження.

2. На основі попередніх термодинамічних розрахунків циклів АВХА і конструктивних розробок ВЗХ доведено, що абсциса і ордината на мапі Мандхейна складають $X = 0,46 \dots 0,81$ м / с, $Y = 0,0003 \dots 0,0005$ м / с, чому відповідає відрізок прямої а'-b', що лежить практично на осі X, і також відповідний розглянутому режиму течії. Таким чином, режим течії рідкого аміаку, що випаровується, і ПГС можна, з достатнім ступенем вірогідності, вважати розглянутим. Оцінки показали, що течія обох фаз в випарнику суто ламінарне, так як числа Рейнольдса $Re_a \approx 60$, $Re_{ПГС} \approx 400$ істотно менше $Re_{кр} \approx 2500$.

3. В випарних системах слід домагатися максимального переохолодження рідини на початок контактної взаємодії з парогазовим потоком, тобто температура рідкого аміаку на вході адіабатного ділянки випарника повинна бути наближена до мінімальної температури випаровування. При наявності різниці температур потоків матиме місце дроселювання рідкого аміаку в парогазовий потік, до настання термодинамічної рівноваги парової суміші та рідини. Наявність же небажаного пара аміаку в парогазовій суміші на адіабатній ділянці випарника призведе до зниження перепаду парціальних тисків в процесі випаровування і, відповідно, до зростання температур в випарнику. Відповідним чином зросте температура об'єкта охолодження.

4. Оцінка впливу ступеня переохолодження вхідного потоку рідкого аміаку на режими роботи випарника АВХА показала, що:

а) при зниженні температури рідкого аміаку на вході випарника на 5 °С по порівнянні з температурою випаровування температури в випарнику зростуть в середньому 1,5 °С;

б) для забезпечення нормативних режимів охолодження необхідно забезпечувати попереднє охолодження потоку парогазової суміші на вході адіабатного ділянки випарника в 2...6 °С (для об'єктів охолодження з температурою мінус 24...мінус 18 °С) і до 10 °С (для об'єктів охолодження з температурою 0...12 °С);

в) підвищення ступеня очищення потоку ПГС в абсорбере за рахунок інтенсифікації зовнішнього теплообміну або за допомогою використання «непридатного» холоду випарника дозволяє підвищити температуру потоку очищеної ПГС на вході адіабатного ділянки випарника на 4...6 °С, тобто зменшити витрати холоду на попереднє охолодження до 12 % (для

об'єктів охолодження з температурою мінус 24....мінус 18 °С) та до 15 % (для об'єктів охолодження з температурою 0....12 °С).

5. Розроблені моделі дають можливість розраховувати основні параметри безнапірного ламінарної ручейкової течії рідкої фази в трубах теплообмінних апаратів АВХА, такі як геометричні розміри і площа поперечного перерізу потоку, а також його максимальну і середню швидкості. Розрахунки можна здійснювати без врахування поверхневого натягу рідини і, якщо це необхідно, з його урахуванням.

6. Модель з плином рідини концентричними шарами кілька поступається моделі з неконцентричними шарами з фізичного та математичного обґрунтуванням, однак по точності одержуваних результатом обидві моделі практично еквівалентні.

7. Доведено, що залежність питомої кількості підведеної тепла до генератору АВХА має мінімум в діапазоні величин тепловою навантаження від 45 до 85 Вт і температур кінця кипіння від 140 до 160 °С, а наявність мінімуму енерговитрат можна пояснити оптимальним співвідношенням термодинамічних параметрів і теплофізичних характеристик водоаміачного розчину в даному діапазоні температур, тисків і складу фаз.

8. В процесі проведення експериментальних досліджень побутового АХП були отримані результати, що показують економічну перспективність роботи в стаціонарних умовах на природному газі. Найбільші перспективи при цьому мають АХП підвищеного корисного об'єму (200 дм³ і вище). Добові експлуатаційні витрати в них складають 0,078...0,084 \$, що нижче випадку використання електрики на 23...27 %.

9. При встановленні в систему опалення та гарячого водопостачання термосифона АВХА з'являється можливість використовувати температурний потенціал відхідних продуктів згоряння і повністю виключити експлуатаційні витрати. При цьому залишається і потенціал подальшого теплотехнічного вдосконалення газовими пальниками, наприклад, за допомогою турбулізатора потоку гарячих продуктів згоряння.

10. Важливим фактом залишається і можливість роботи АХП і з електричним джерелом енергії і з природним газом. Це дозволяє підвищити надійність холодильного приладу, особливо в районах з проблемною подачею електричної енергії.

11. Проведені дослідження показали, що:

а) з усіх типів побутового холодильного обладнання абсорбційного типу, максимальні економічні вигоди при роботі на природному газі можна отримати для камер підвищеного корисного об'єму (200 дм³ і вище);

б) вартість експлуатації камер з АВХА середнього обсягу (120...160 дм³) порівнянна як для випадку використання електричної енергії, так і природного газу;

в) з економічної точки зору не слід використовувати природний газ для абсорбційних холодильників малого корисного об'єму (30...50 дм³).

12 Проведені експериментальні дослідження показали доцільність установки у міжконтактному зазорі ВПКМ, незважаючи на те, що ефективна теплопровідність його більш, ніж в 50 разів нижче однорідного металу. При наявності повітряних зазорів термічний опір вище, ніж в разі використання ВПКМ на кілька порядків. Так, наприклад, товщині стисненого шару ВПКМ в 0,005 м повинен відповідати повітряний прошарок товщиною $3 \cdot 10^{-6}$ м.

13. Аналіз результатів експериментальних досліджень універсальної холодильної камери на базі АВХА з системою управління подачею потоком газу показав її працездатність і можливість роботи в енергозберігаючих режимах.

14. Для стабілізації теплового навантаження на генератор-термосифон АВХМ був обраний теплоакумуючий матеріал – евтектика 60 Zn Cl₂ - 20 NaCl - 20 молярних часток KCl, з температурою плавлення 203 °С.

УДК 621.575.932:621.565.92

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Біленко Н.О., PhD, старший викладач,
Нікітін Д.М., д-р техн. наук, доцент
Одеський національний технологічний університет (ОНТУ)

Найціннішим ресурсом на планеті найближчим часом стане вода. У теперішній час більше 40 відсотків населення світу живе в районах, що відчувають середню або гостру нестачу води. Передбачається, що до 2025 року приблизно дві третини населення світу — біля 5,5 мільярда людей — будуть жити в районах, що зіткнуться з нестачею води у таких масштабах. Нараховується більше 1 мільярда людей, що не мають стійкого доступу до чистої води. 2,4 мільярда людей — більше однієї третини населення світу — не мають доступу до належних засобів санітарії. Ця ситуація призводить до катастрофічних наслідків і найближчим часом може мати місце і в Україні.

Для сприяння у вирішенні цієї проблеми, в грудні 2003 року Генеральна Асамблея Організації Об'єднаних Націй оголосила 2005-2015 роки Міжнародним десятиріччям дій «Вода для життя».

Сучасні інтенсивні технології отримання харчової та технологічної води з морської характеризуються високими витратами теплової енергії при випаровуванні (дистиляції) або достатньо високими витратами електричної енергії в процесах виморожування за допомогою компресійних холодильних машин.

Одним з напрямків часткового усунення дефіциту водних ресурсів є технології вилучення води з атмосферного повітря, при цьому найбільші перспективи мають методи, пов'язані з роботою термотрансформаторів, які гарантовано забезпечують температуру нижче точки роси.

Одним з перспективних напрямків при цьому є розробка систем отримання води з атмосферного повітря на базі абсорбційних водоаміачних термотрансформаторів (АВТ), що працюють від джерела нізкопотенціального тепла – сонячної енергії. Іншим перспективним напрямком є використання парокомпресійних термотрансформаторів (ПКТ) з приводом від сонячної енергії.

Метою цієї роботи є підвищення енергетичної ефективності систем отримання води з атмосферного повітря шляхом вдосконалення циклів і конструкцій АВТ і ПКТ.

Об'єкт дослідження – системи отримання води з атмосферного повітря на базі АВТ і ПКТ.

Предмет дослідження – температурні та енергетичні режими, схеми і конструкції АВТ і ПКТ в складі систем отримання води з атмосферного повітря.

Обґрунтовано актуальність наукового дослідження, відображено його зв'язок з іншими науково-дослідними роботами ОНТУ та з держбюджетною роботою МОН України «Розробка систем отримання води з атмосферного повітря на базі сонячних колекторів та тепловикористовуючих холодильних машин і агрегатів подвійного використання».

Також у вступі наведено: мету і завдання дослідження; об'єкт, предмети та основні методи дослідження; наукова новизна та практичне значення отриманих результатів роботи; результати апробації наукової розробки в промислових умовах; особистий внесок здобувача у проведене дослідження та публікації за темою дисертації; структуру та обсяг роботи.

Проведений порівняльний аналіз різноманітних систем охолодження показав, що для роботи у складі систем отримання води із атмосферного повітря доцільно використовувати холодильні машини на базі АВТ, як такі, що споживають мінімально можливу кількість електричної енергії, надійні в роботі, використовують широкодоступні матеріали конструкції та природне робоче тіло (водоаміачний розчин).

Доцільно також вивчити можливості використання у системах отримання води із атмосферного повітря і ПКТ з максимальною автономністю роботи і можливістю використання сонячної енергії.

Доведено, що для досягнення поставленої мети дисертаційної роботи необхідно вирішити наступні задачі:

а) провести пошук можливості зниження рівня температур джерела теплового навантаження у термодинамічному циклі АВТ.

б) розробити перспективні системи охолодження на базі АВТ на базі сонячних колекторів і ПКТ з різними джерелами електричної енергії.

В другому розділі дисертаційної роботи вивчено можливість зниження рівня температур джерела тепла за рахунок включення до складу схеми АВТ випарника розчинів.

При аналізі був використаний оригінальний метод, заснований на балансі питомих потоків компонентів робочого тіла АВТ і граничних умовах в характерних точках циклу. Було показано обмеження за рівнем мінімальних температур кипіння в генераторі АВТ (від 90 °С) при роботі в актуальних кліматичних умовах систем отримання води з атмосферного повітря.

Доведено, що необхідні для розрахунку випарника розчину вихідні дані можна отримати в результаті моделювання процесів тепломасообміну в наближенні адиабатности процесів.

Для такого дослідження був розроблений оригінальний алгоритм аналізу термодинамічних процесів циклу АВТ, характерних для систем отримання води з атмосферного повітря. Це процеси: випаровування аміаку в парогазове середовище при низькому (0,3...0,5 МПа) та високому (до 1,0 МПа) парціальному тиску; абсорбції пари аміаку при підвищених температурах ВАР; випарювання парової суміші при температурах 70...100 °С.

На відміну від інших дослідників в роботі були застосовані питомі масові витратні характеристики компонентів робочого тіла: аміаку; води; водню. Це спростило аналіз та зробило його більш ілюстративним.

Другою особливістю алгоритму розрахунку стали граничні умови за складом робочого тіла в характерних точках циклу АВТ.

Було показано, що для забезпечення заданого режиму роботи випарника розчину та недопущення часткової абсорбції потрібно підтримувати в ньому температуру практично на рівні кінця кипіння в генераторі. На практиці мінімізувати теплові втрати в навколишнє середовище можна за рахунок встановлення відповідного теплоізоляційного покриття.

Для більш точних розрахунків режиму роботи випарника розчину слід враховувати також внесок холодного потоку парогазової суміші (ПГС), який повинен бути розрахований за допомогою відповідних рівнянь тепломасообміну.

На жаль, не знайдені можливості використання для моделі АВТ бюджетних сонячних колекторів з водою в якості теплоносія. В актуальних кліматичних умовах для роботи систем отримання води з атмосферного повітря необхідно, як мінімум, забезпечити рівень температур кипіння 90 °С.

У реальному ж втіленні АВТ з урахуванням теплових втрат та термічного опору в зоні контакту джерела тепла та стінки генератора АВТ слід очікувати і вищих температур. Разом з тим оціночні розрахунки показали, що в умовах помірних температур навколишнього середовища (20...22 °С), а також при водяном охолодженні конденсатора, коли робочий тиск в системі може бути знижено до 1,0 ... 1,2 МПа, робота АВТ може здійснюватися і при 80 °С.

Таким чином можна рекомендувати розробникам два типи джерела теплового навантаження АВТ в складі систем отримання води з атмосферного повітря.

В тропічному жаркому кліматі – з вакуумними сонячними колекторами або сонячними концентраторами, здатними забезпечити рівень температур понад 200 °С. В зоні помірного клімату – з сонячними колекторами з водою в якості теплоносія.

Очевидно, що в порівнянні з аналогами, АВТ з випарником розчину буде мати великі масогабаритні характеристики. Разом з тим можна частково усунути цей недолік – розробити

схему з подачею у випарник розчинів потоку очищеної ПГС з абсорбера. В цьому випадку слід розпаралелити потік ПГС.

У частині подальшого енергетичного вдосконалення АВТ перспективне розглянути бінарну суміш трифторетанол (TFE) - тетраетиленгліколь диметилловий ефір (TEGDME), яка може бути більш вигідною для циклів поглинання при високих температурах, ніж класичні робочі системи, такі як $\text{H}_2\text{O}-\text{LiBr}$ та $\text{NH}_3-\text{H}_2\text{O}$. Ця система не піддається корозії, повністю змішується в широкому діапазоні температур, термостійка до $250\text{ }^\circ\text{C}$ і має низький робочий тиск.

У частині підвищення енергетичної ефективності генераторного вузла одним з перспективних напрямків може бути заміна традиційного сталевого матеріалу корпусу АВТ на алюмінієві сплави, які показали не тільки високі теплопередаючі характеристики, але і корозійну стійкість при взаємодії в водоаміачній сумішці.

Проведені експериментальні дослідження дозволили встановити залежності температури в характерних точках реальних АВТ від умов експлуатації (температури навколишнього середовища) та підведеного теплового навантаження. Це дозволить використовувати отримані результати для формування граничних умов в методиках термодинамічного та теплового розрахунку.

Показано, що збільшення підведеного теплового навантаження на термосифон АВТ неоднозначно впливає на холодопродуктивність. Має місце оптимум-мінімум температур охолодження, що відповідає максимуму холодопродуктивності випарника. За результатами наших експериментальних досліджень можна виділити оптимальний, з точки зору рівня теплового навантаження на термосифон $70 < Q_{\text{ТС}} < 100$ Вт. Зі зростанням підведеного теплового навантаження на термосифон збільшуються і температури в теплонавантажених елементах АВТ: в абсорбері, термосифоні та ректифікаторі. При цьому до $80\ldots 90$ Вт йде інтенсивне монотонне зростання, а в подальшому спостерігається певна стабілізація – плавне збільшення.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав, що максимальна енергетична ефективність АВТ лежить в області "межі холодопроизводительности випарника". Цей режим визначається чисельним значенням теплового навантаження термосифона, при якому починається зниження температур на виході випарника. Таким чином, розробникам АВТ можна рекомендувати роботу у зоні «межі продуктивності випарника в даних умовах».

Запропонована система отримання води з атмосферного повітря на базі ПКТ з комбінованими джерелами електричної енергії по холодопродуктивності значно перевершує абсорбційні схеми. Відмінною особливістю такої пропозиції є використання компресора, що працює на змінному струмі, що значно знижує собівартість виробу. Пропонується для такого компресора використовувати в світлий час доби сонячні батареї з перетворювачем постійного струму в змінний струм. Пусковий струм, при періодичному запуску електродвигуна компресора ПКТ, подається короткочасно від стаціонарного мережевого джерела електричної енергії.

У темний, вечірній і ранковий час доби ПКТ може працювати від стаціонарного мережевого джерела електричної енергії, як в режимі отримання води, так і в режимі кондиціонування повітря.

Системи отримання води з атмосферного повітря на базі ПКТ найбільш ефективним при температурах атмосферного повітря $35\ldots 40\text{ }^\circ\text{C}$ і відносній вологості понад 70 %

Запропонована модифікація АВТ з адіабатним випарником розчину може працювати в складі систем отримання води з атмосферного повітря при температурах гарячого джерела від $100\text{ }^\circ\text{C}$ та цілком конструктивно вписується в елементну базу типових моделей. В середньому випарник розчину становить близько 10 % від поверхні абсорбера.

Незважаючи на позитивний досвід застосування в конструкціях абсорберів і випарників аміаку АВТ радіальної капілярної насічки в подальших дослідженнях АВТ необхідно буде вивчити ступінь впливу її на процеси тепломасообміну при випаровуванні розчину в ПГС.

При моделюванні та розрахунку процесу випаровування аміаку зі слабого ВАР в ПГС була використана аналогія зворотного у напрямку процесу абсорбції пари аміаку з ПГС слабким ВАР. На сьогоднішній день автору невідомі ні теоретичні, ні експериментальні дослідження такого процесу.

Запропонована універсальна схема АВТ з двома підтискаючими бустер-компресорами дозволяє істотно підвищити експлуатаційні характеристики не тільки джерела холоду, але і надійність роботи системи отримання води з атмосферного повітря в цілому. АВТ дозволяє вирішувати завдання кондиціювання повітря у житлових та громадських приміщеннях, опалення, отримання води із атмосферного повітря та холодильного зберігання плодів, овочів та іншої сільськогосподарської продукції і сировини. Схема також дозволяє оперативно реагувати на зміни умов експлуатації в частині температур джерела теплової енергії та довкілля.

Інформаційні джерела

1. Стоянов П.Ф., Біленко Н.О., Стоянов Я.О. Моделювання роботи повітроохолоджувачів холодильних установок. Холодильна техніка та технологія. 2018. № 54(2). С. 4—9.
2. Титлов А.С., Осадчук Е.А., Біленко Н.А. Методика определения термодинамической эффективности абсорбционных холодильных установок на основе анализа эксергетических потерь в их элементах. Холодильна техніка та технологія. 2018. № 54(1). С. 31—42.
3. Титлов О. С., Гратій Т. І., & Біленко Н. О. Підвищення енергетичної ефективності абсорбційних холодильних приладів. Холодильна техніка та технологія. 2018. № 55(5-6). С. 293—303.
4. Біленко Н.О., Титлов О.С. Розробка абсорбційних холодильних агрегатів на низькопотенційних джерелах теплової енергії. Холодильна техніка та технологія. 2021. № 57(1). С. 13—25.
5. Titlov O., Vasylyiv O., Sahala T., Bilenko N. Evaluation of the prospects for preliminary cooling of natural gas on main pipelines before compression through the discharge of exhaust heat of gas-turbine units. EUREKA: Physics and Engineering. 2019. № 5. P. 47—55. DOI: 10.21303/2461-4262.2019.00978. Scopus.

УДК 621.565.3:664.723

РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ДРІБНОНАСІННЄВИХ КУЛЬТУР

Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор, Петушенко С.М., канд. техн. наук
Одеський національний технологічний університет

У сучасному світі все більш затребуваними стають системи холодильної техніки, зокрема, системи безперервного холодильного ланцюга, без яких не можна в повній мірі забезпечити продовольчу безпеку. Особливий інтерес має місце до систем штучного охолодження в зерновому господарстві України, яке є однією з бюджетоутворюючих галузей країни.

Зерно - це один з найважливіших основних продуктів харчування людини, для вирощування і збору якого залучаються великі ресурси. Післязбиральна обробка і зберігання - це ключова ланка у виробництві зерна. За даними продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (ФАО), в світі щорічно псується близько 20 % зібраних зернових.

Скорочення втрат зерна на всіх етапах збирання, транспортування, зберігання і переробки і забезпечення його схоронності визначається технологією післязбиральної обробки. В умовах все зростаючих обсягів зерна і високих темпів збиральних робіт проблема збереження врожаю, більше половини якого збирається у вологому стані, стає все більш гострою. Свіжозібране вологе насіннєве зерно є нестійким при зберіганні і вимагає негайної обробки.

Принципово охолодження вологої зернової маси можливо природним зовнішнім повітрям або штучно охолодженням за допомогою спеціальних установок. Але, охолоджуюча здатність засобів активного вентилявання залежить від погодних умов, тому нерідко вологе зерно не вдається охолодити до необхідної температури, внаслідок чого відбувається псування насіння від самозігрівання і пліснявіння.

Низькотемпературна консервація в місцях заготовок дозволяє вирішити проблему тривалого та якісного зберігання зернової продукції, але в даний час така техніка відсутня. Слід зазначити, що серед усіх типів зернових продуктів найбільший ефект від первинної низькотемпературної обробки може бути досягнутий для сортів дрібного зерна (ріпак, льон, просо, гірчиця). Вони, через незначний властивий лінійний розмір, найбільш схильні до пошкодження при сушінні нагріванням.

Розробка систем первинного охолодження передбачає наявність інформації щодо методів розрахунку процесів тепломасообміну в умовах низькотемпературної обробки дрібносем'яного зерна охолодженням і висушенням повітрям, яка в даний час відсутня.

Відсутня також методологія створення систем первинного низькотемпературного охолодження, яка дозволяє мінімізувати енергоспоживання холодильних машин в умовах добових і сезонних коливань температур атмосферного повітря, в тому числі і за допомогою тепловикористовуючих аміачних абсорбційних холодильних машин з неелектричними джерелами теплової енергії

У зв'язку з вищевикладеним актуальною стає розробка систем первинної низькотемпературної обробки та зберігання дрібнонасінневого зерна, в якій враховуються особливості процесів тепломасообміну між зерном і охолодженням повітрям і мінімізуються енерговитрати при виробництві штучного холоду.

Розроблено перспективні схеми і конструкції систем первинної низькотемпературної обробки та зберігання зерна дрібнонасінневих культур.

Комбінована холодильна машина (рис.1). З урахуванням особливостей режимів низькотемпературної обробки і зберігання дрібнонасінневого зерна та еколого-енергетичних вимог, холодильна машина виконана в комбінованій схемі, яка складається з парокомпресійного з блоку ПКХМ і блоку АВХМ.

Відмінною характеристикою комбінованої холодильної установки є мінімізація кількості циркулюючого аміаку між випарником і конденсатором.

Мінімізація кількості аміаку дозволяє знизити заходи безпеки для персоналу і заходи пожежної безпеки при експлуатації.

Для її роботи не потрібно спеціальних водних джерел для відводу тепла від теплонавантажених елементів (конденсатора, абсорбера).

Так як конденсатор і випарник-повітроохолоджувач є загальними і для компресорної, і для абсорбційної це значно спрощує конструкцію, знижує металоємність і підвищує надійність роботи.

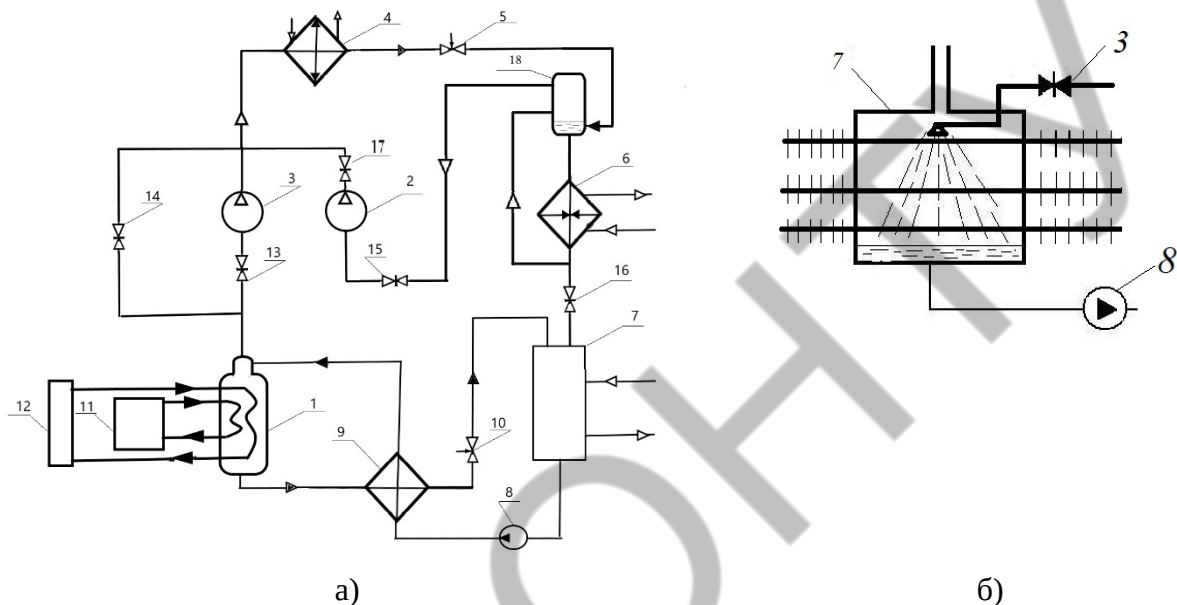


Рис.1. Комбінована компресорно-абсорбційна водоаміачна холодильна машина з електричними, скидними і сонячними джерелами енергії: а) схема; б) повітряний абсорбер; 1- генератор пара аміаку; 2- основний компресор; 3- бустер-компресор; 4- повітряний конденсатор; 5- дросель рідкого аміаку; 6- випарник-повітроохолоджувач; 7- повітряний абсорбер; 8- циркуляційний насос міцного розчину; 9-теплообмінник міцного і слабого розчину; 10- дросель слабого розчину; 11, 12 - джерела теплової енергії, відповідно, скидної і сонця; 14-17 засувки; 18 – відділювач рідини

Одночасно з цим запропонована схема комбінованої холодильної машини задовольняє всім екологічним вимогам і в своїй роботі, за рахунок скидних та альтернативних джерел енергії, використовує мінімальну кількість електричної енергії протягом кліматичного календарного року.

На рис. 2 зображено контейнер, який представляє собою короб з повітронепроникними зовнішніми огороженнями без верхньої кришки та з перфорованим днищем. На днище укладається дрібна тканина металева сітка з нержавіючого дроту, яка запобігає просипку дрібнонасінного зерна і сприяє рівномірному розподілу руху повітря по всій площі днища контейнера. На бічній стороні передбачений люк для автоматичного вивантаження зерна в машину за допомогою електронавантажувача при перевезенні зерна. До днища контейнера приєднаний нерухомо розподільник повітря у вигляді конуса. До нього, в свою чергу, на шарнірах (пружинах) і за допомогою рухомого з'єднання підключений повітропровід. У бічних стінках контейнера передбачені напрямні для щільного прилягання до контейнеру, що стоїть поруч. При цьому конструкція муфти дозволяє виробляти автоматичне з'єднання повітропроводів один з одним при установці наступного контейнера, що стоїть поруч.

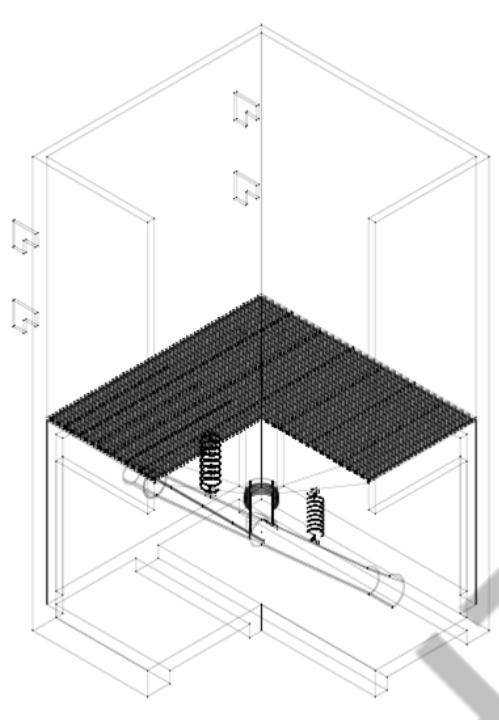


Рис. 2. Загальний вигляд контейнера

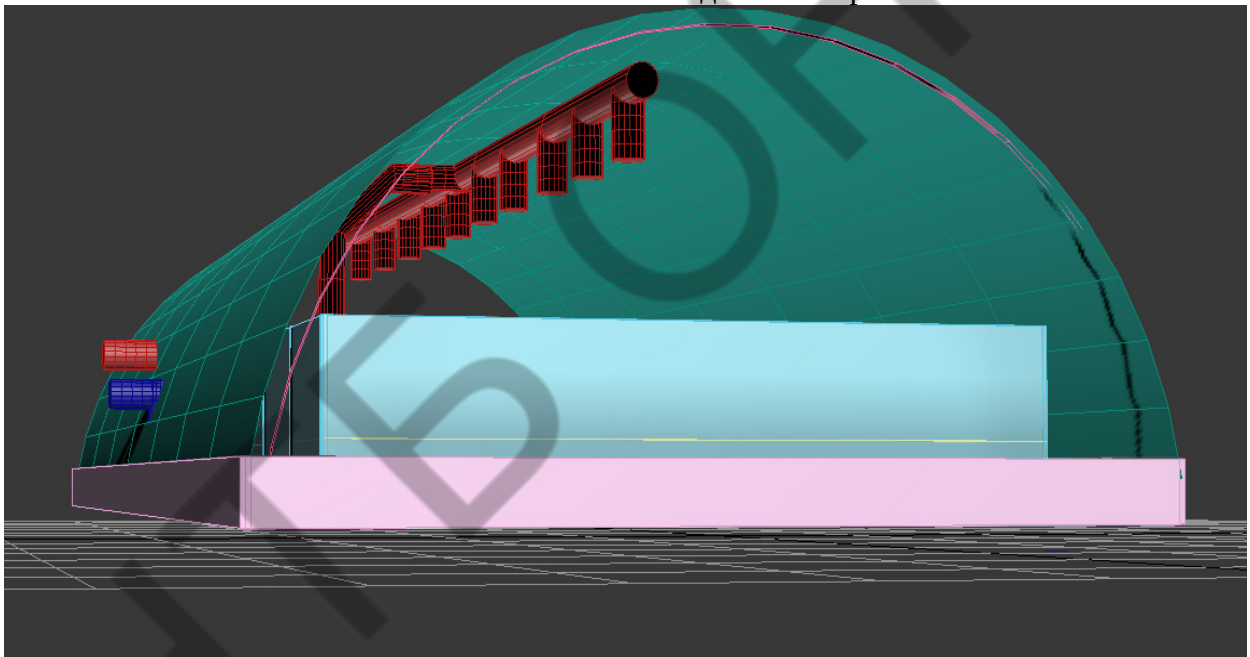


Рис.3. Загальний вигляд складу

Система охолодження складу для підлогового зберігання вологого зерна дрібнонасінневих культур приведена на рис.3.

Сховище являє собою герметичний металевий безкаркасний ангар з оцинкованої сталі на стрічковому (армованому) фундаменті. З торцевих сторін сховища розташовуються розсувні або розпашні ворота. Стіни ангара з внутрішньої сторони покриті теплоізоляцією методом наплення пінополіуретану (ППУ). Завдяки високій адгезії цього теплоізоляційного матеріалу технологія наплення дозволяє наносити його товщиною від 30 до 200 мм на стіни, стелі та інші конструкції з бетону, цегли, металу, шиферу, черепиці, дерева, пластика, що знаходяться в будь-якому просторовому положенні. Висота підлоги розташована вище нульової позначки для захисту від попадання зливових вод.

Розрахунок теплового навантаження на систему охолодження виконано з урахуванням особливостей роботи складських приміщень для тривалого зберігання зерна.

Враховувати будемо тільки теплові притоки через огорожувальні конструкції (Q_1), від теплих продуктів (Q_2) і від дихання продуктів (Q_3):

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Для пошуку мінімуму енергоспоживання використовуємо метод рівності темпів зміни електричних потужностей на вентиляторі і компресорі в залежності від часу охолодження зерна.

Для наших вихідних даних виконано такий розрахунок і побудовані графіки залежностей (рис.4).

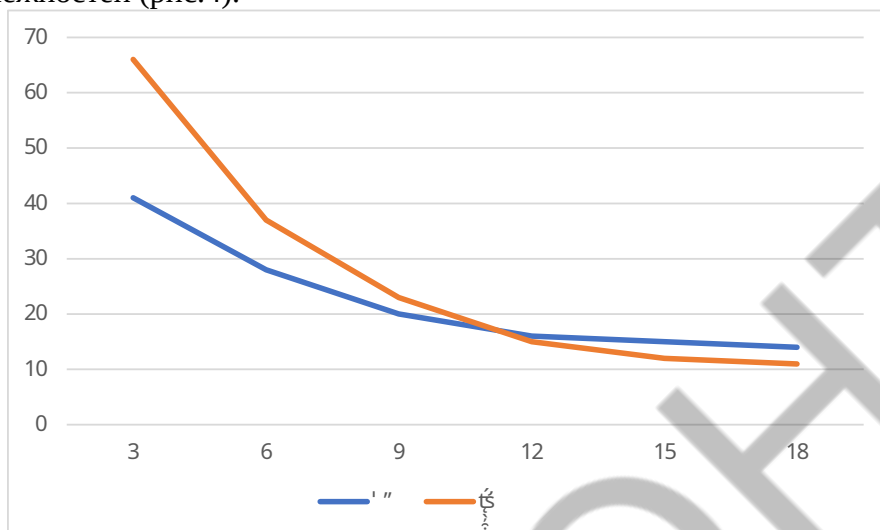


Рис.4. Зміни електричних потужностей на вентиляторі і компресорі в залежності від часу охолодження зерна

За розрахунком на графіку 10 мінімальні витрати електричної потужності будуть відповідати періоду первинного охолодження ріпаку 11,5 доби.

Варто зазначити, що цей термін дає можливість зберегти якість дрібнонасіненного зерна та не погіршити його початкові характеристики.

Проведена оцінка перспективної осушувальної можливості запропонованого способу поетапного охолодження контейнерів з ріпаком за час зберігання. Тепловологісні розрахунки показали, що задана температура 9 °С гарантована буде досягнута за 8 проходів (12 діб) потоку охолодженого повітря через 1 контейнер з ріпаком. За цей час початкова вологість ріпаку буде зменшена з 16 % до 8,6 %. Ця величина відповідає рівноважній вологості ріпаку з повітрям при температурі 9 °С і відносній вологості повітря 40 %. При таких параметрах ріпак не вимагає подальшої термічної обробки і може зберігатися до наступної посівної компанії.

Таким чином з урахуванням теоретичних і експериментальних досліджень були розроблені схеми і елементи конструкції систем первинної холодильної обробки зерна, які маючи екологічною безпекою при мінімальному споживанні електричної енергії дозволяють якісно зберігати зерно протягом календарного року.

Інформаційні джерела

- 1.Петушенко С.Н., Титлов А.С. Разработка систем охлаждения для первичной низкотемпературной обработки и хранения зерна мелкосеменных культур. Во-сточно-Европейский журнал передовых технологий. ISSN 1729-3774. 2015. № 3/8 (75). С. 50-56..
- 2.Станкевич Г.Н., Овсянникова Л.К., Кудашев С.Н., Петушенко С.Н. Анализ перспектив применения холода для хранения зерна. Наукові праці ОНАХТ. 2009. Вип.35. Т.1. С.49-53.
- 3.Титлов О.С., Петушенко С.М., Кудашев С.М. Розробка мобільного охолоджувального комплексу на основі екологічно безпечних робочих тіл. Аграрний вісник Причорномор'я. Технічні науки. Одеса. 2010. Випуск 55. С. 155-161.
- 4.Титлов О.С., Петушенко С.М., Кудашев С.М. Розробка охолоджувального комплексу на основі екологічно безпечних робочих тіл.

5. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Випуск 8. 2011. С. 26-31.

6. Петушенко С.Н. Экспериментальные исследования режимов низкотемпературной обработки зерна мелкосеменных культур. Наукові праці ОНАХТ. 2011. Вип. 39. Т.1. С. 280-284.

7. Петушенко С.Н. Современное состояние техники и технологии низкотемпературной обработки и хранения зерна мелкосеменных культур. Холодильна техніка і технологія. 2013. №2. С.71-74.

8. Петушенко С.Н. Результаты экспериментальных исследований процессов теплообмена при первичной холодильной обработке зерна мелкосеменных культур. Холодильна техніка і технологія. 2013. №3. С. 64-68.

ОНТУ

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕРМОАКУМУЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ НАНОФЛЮЇДІВ

Желєзний В.П., д.т.н., проф., Хлієва О.Я., д.т.н., проф.,

Семенюк Ю.В., д.т.н., проф.

Одеський національний технологічний університет

Ефективна та надійна робота сонячних теплоенергетичних систем неможлива без застосування термоакумуляторів. Перспективним напрямом є застосування в них як робочих тіл речовин з фазовими перетвореннями та введення до їхнього складу високотеплопровідних наноструктур. Важливою умовою при проектуванні термоакумуляторів є наявність технології створення робочих тіл та достовірної інформації про їхні теплофізичні властивості.

Виконаний огляд робіт з експериментального і розрахункового дослідження теплофізичних властивостей нанофлюїдів (НФ) показує, що проблема впливу наночастинок (НЧ) на термодинамічні властивості базових рідин не може бути вирішена за допомогою традиційних методів вивчення термодинамічних властивостей чистих речовин.

Запропоновані в літературі методи розрахунку теплофізичних властивостей речовин не можуть бути адаптовані до складних термодинамічних систем, включаючи НФ, речовини з наноструктурованими включеннями та капілярно-пористі матеріали (КПМ) з кількох причин.

1. Крім традиційних факторів, які впливають на властивості речовин і розчинів (параметри стану, такі як температура, тиск, концентрація), потрібно враховувати структурні зміни базової рідини поблизу і на поверхні НЧ і КПМ. На поверхні НЧ, волокнистих структур, пористих структур формується поверхневий шар з молекул базових рідин із впорядкованою структурою. Цей поверхневий шар має теплофізичні властивості, які відрізняються від властивостей базової рідини. Не можна ототожнювати поняття суспензії і НФ. У суспензіях поверхневою фазою можна знехтувати в силу її незначного впливу на властивості базової рідини. Для НФ таке припущення не справедливе [1, 2]. Товщина цього шару залежить як від властивостей базової рідини, так і від матеріалу і розміру наноструктур. Чим менше розмір наноструктури, тим більшою є товщина поверхневого шару за рахунок збільшення поверхневої енергії. В літературі відсутні коректні методи визначення розмірів і властивостей поверхневого шару базових рідин на поверхні наноструктур.

2. Реальні розміри НЧ, нановолокон та інших наноструктур, які випускаються промисловістю, істотно відрізняються між собою. Крім того, заявлений виробником розмір (наприклад, величина гідродинамічного радіусу) також може бути різнитися. Форма наноструктур відрізняється від сферичної (за виключенням, наприклад, фулеренів та НЧ деяких оксидів металів), що ускладнює створення універсальних моделей прогнозування теплофізичних властивостей.

3. Характер міжмолекулярної взаємодії в базовій рідині, а також між молекулами базової рідини та НЧ (або матеріалом пористих і волокнистих наноструктур) для багатоконпонентних матеріалів з фазовим перетворенням (МФП) залишається невивченими.

4. Застосування поверхнево-активних речовин з метою забезпечення стійкості до агломерації та седиментації НЧ у НФ ще в більшій мірі ускладнює методику прогнозування властивостей наноМФП - матеріалів з фазовим перетворенням з введеними в них наноструктурами.

5. Присутність НЧ, пористих і волокнистих наноструктур в рідині може змінювати її структуру, що впливає на зміну її властивостей [1, 2, 3].

6. Використання об'ємних часток (концентрацій) компонентів наноМФП в кореляціях для розрахунку їхніх теплофізичних властивостей з термодинамічної точки зору є некоректним.

7. Підходи до прогнозування властивостей переносу НФ, в яких враховується вплив броунівського руху НЧ та ефекти мікроконвекції при їхньому русі в рідині, потребують свого подальшого розвитку.

8. Застосовувані для створення багатокомпонентних наноМФП речовини (парафін, стеарин, жирні кислоти і т.п.) містять технічні домішки з невизначеною концентрацією, з невідомим вмістом ненасичених жирних кислот.

З урахуванням зазначених факторів очевидно, що потрібні дослідження в рамках принципово нової стратегії розробки нового покоління багатокомпонентних наноМФП. Ця стратегія має складатися з кількох взаємопов'язаних етапів.

1. Розвиток термодинамічних методів вивчення властивостей складних термодинамічних систем, які мають ґрунтуватися на комплексних експериментально-розрахункових методах: експериментальних дослідженнях легко і точно вимірюваних властивостей речовин (таких як густина і теплоємність), а також нових термодинамічних методах прогнозування властивостей багатокомпонентних наноМФП. В основу пропонованих методів прогнозування покладено встановлений авторами універсальний характер зміни флуктуацій термодинамічних властивостей як базової речовини, так і багатокомпонентних наноМФП [4, 5].

2. Розробка технології створення стійких композиційних наноМФП (на основі НФ, пористих і волокнистих наноструктур).

3. Розробка оптимальних конструкцій модельних термоакумуляторів для сонячних енергетичних установок (СЕУ), їх експлуатаційні випробування, експериментальне дослідження кінетики процесів підведення та відведення теплоти в термоакумуляторах та експлуатаційних характеристик термоакумуляторів.

4. Еколого-енергетичний аналіз доцільності застосування композиційних наноМФП в термоакумуляторах для СЕУ.

Роботу виконано за грантової підтримки Національного фонду досліджень України у рамках проекту № 2020.02/0125.

Література

1. Zhelezny V., Khliyeva O., Motovoy I., Lukianov N. An experimental investigation and modelling of the thermal and caloric properties of nanofluids isopropyl alcohol - Al₂O₃ nanoparticles. *Thermochimica Acta*. 2019. Vol. 678. 178296.
2. Zhelezny V., Motovoy I., Khliyeva O., Lukianov N. An influence of Al₂O₃ nanoparticles on the caloric properties and parameters of the phase transition of isopropyl alcohol in solid phase. *Thermochimica Acta*. 2019. Vol. 671. P. 170-180.
3. Ханчич К.Ю., Мотовий І.В., Железний В.П., Тумбуркат К. Ф., Борисов В.О. Експериментальне дослідження аномалії концентраційної залежності густини розчинів С60 у о-ксилолі. Матеріал XXVIII Міжн. наук конф. «Дисперсні системи», 16-20 вересня 2019 р., Одеса. С.96-97.
4. Zhelezny V.P. The Methods of Prediction of the Properties for Substances on the Coexistence Curve Including Vicinity of the Critical Point. *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Nonlinear Dielectric Phenomena in Complex Liquids*. Jaszowiec-Ustron, Poland. 10-14 May 2003. P. 163-175.
5. Zhelezny V., Sechenyh V., Nikulina A. A new scaling principles-quantitative structure property relationship model (SP-QSPR) for predicting the physicochemical properties of substances at the saturation line. *J. Chem. Eng. Data*. 2014. Vol. 59. P. 485-493.

УДК 621.564.2:536

КОМПОЗИЦІЙНІ ТЕРМОАКУМУЛЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ТЕХНІЧНОГО ПАРАФІНУ ТА СТЕАРИНОВОЇ КИСЛОТИ

Желєзний В.П., д.т.н., проф., Хлієва О.Я., д.т.н., проф.,
Івченко Д.О., к.т.н., ст. викл.
Одеський національний технологічний університет

Парафін та стеаринова кислота як термоакумулявальні матеріали (ТАМ) для систем теплової енергетики є перспективними, оскільки мають відповідну температуру плавлення для низькотемпературних систем (наприклад, систем опалення, вентиляції та кондиціонування або гарячого водопостачання). Суттєвим недоліком зазначених речовин при використанні їх як ТАМ є низьке значення теплопровідності в рідкій і твердій фазах [1].

З метою зменшення впливу вказаного негативного фактора на швидкість процесів зарядки і розрядки термоакумуляторів у цій роботі використовувалися такі варіанти створення композиційних ТАМ на основі технічного парафіну та стеаринової кислоти:

- використання нанотехнологій (створення ТАМ на основі стеарину і парафіну із введенням у їх склад вуглецевих наноструктур: фулерену C_{60} ; нанотрубок; терморозширеного графіту) [2-4];

- армування базових ТАМ металевим волокном різного хімічного складу (мідь, алюміній), що є більш поширеним простим підходом, якому приділяється увага у наукових дослідженнях [5-7].

Об'єктами дослідження були зразки технічного парафіну і стеаринової кислоти, а також композитні ТАМ на їх основі.

Для створення композитних ТАМ використовувалися такі матеріали: парафін (очищений технічний ТЗ, температура плавлення $53,5\text{ }^{\circ}\text{C}$); – стеаринова кислота ($C_{18}H_{36}O_2$, відповідає марці Т10); алюмінієве волокно (вата) з середнім діаметром волокна 30 мкм, теплопровідність $168\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$, вміст базового елемента – не менш ніж 92,2 мас. %; мідне волокно (вата) з середнім діаметром волокна 45 мкм, теплопровідність $383\text{ Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$, вміст базового елемента – не менш ніж 99,9 мас. %; фулерен C_{60} , вміст основного продукту $0,995\text{ кг}\cdot\text{кг}^{-1}$; багатошарові вуглецеві нанотрубки, вміст основного продукту $0,995\text{ кг}\cdot\text{кг}^{-1}$, середній діаметр та питома площа поверхні $10\ldots 20\text{ нм}$ та $200\ldots 500\text{ м}^2\cdot\text{г}^{-1}$, відповідно.

При створенні композитного ТАМ на основі парафіну та фулерену C_{60} було встановлено наявність певної концентрації насичення у розплавленому парафіні. Стан насичення після ультразвукової обробки розчину встановлювався протягом 5-ти діб, а концентрація насичення при $65\ldots 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ складала $0,936\text{ г}\cdot\text{кг}^{-1}$. На основі отриманого значення концентрації насичення було прийнято рішення у наступних експериментальних дослідженнях при приготуванні композитного використовувати чітко розраховану наважку фулерену C_{60} для створення насиченого розчину.

Зображення композитного ТАМ на основі парафіну з вмістом фулерену C_{60} , отримане методом сканувальної електронної мікроскопії (робота проводилася з використанням електронного мікроскопу у рамках співпраці з центром сонячної енергетики CICenergiGUNE, Іспанія), наведено на рисунку.

Застосована технологія створення композитного ТАМ на основі технічного парафіну та багатошарових вуглецевих нанотрубок не забезпечувала рівномірний розподіл нанотрубок у парафіні. Отриманий композитний ТАМ містив ізольовані агрегати з нанотрубок. Таким чином, технологія створення композитного ТАМ на основі технічного парафіну та багатошарових вуглецевих нанотрубок потребує вдосконалення шляхом тривалішої обробки ультразвуком при високій температурі (як наслідок, за нижчої в'язкості базової рідини). Така обробка може сприяти розриву Ван-дер-Ваальсових сил між окремими нанотрубками у їх

агрегатах та формуванню певної структури з нанотрубок в парафіні, що базується на принципі самозбірки.

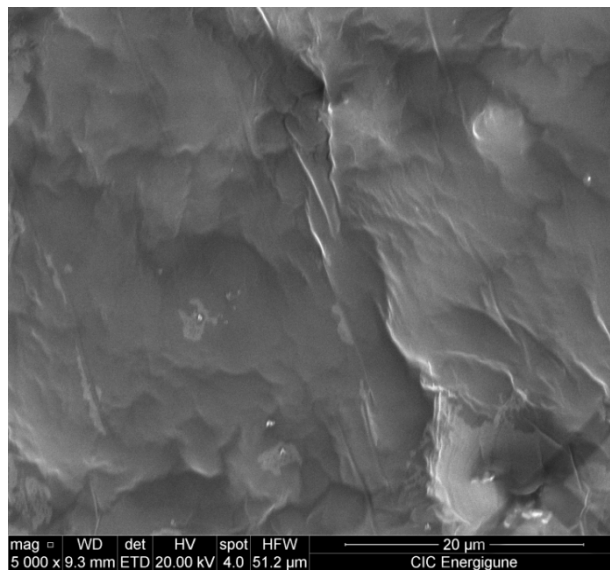


Рисунок – Зображення композитного ТАМ на основі парафіну із вмістом фулерену C₆₀

За результатами досліджень не було підтверджено довгострокову хімічну стабільність ТАМ стеаринова кислота/мідне волокно та стеаринова кислота/алюмінієве волокно: після трьох місяців зберігання композитних ТАМ та проведення дослідження їх теплопровідності стеаринова кислота при контакті з мідним волокном набула бірюзового кольору, а при контакті з алюмінієвим волокном – сірого кольору, що свідчить про хімічні реакції між компонентами ТАМ. Було прийнято рішення не проводити подальші масштабні дослідження цих систем, як не перспективних для практичного застосування.

Роботу виконано за грантової підтримки Національного фонду досліджень України у рамках проекту № 2020.02/0125.

Література

1. Wu S., Yan T., Kuai Z., Pan W. Thermal conductivity enhancement on phase change materials for thermal energy storage: A review. *Energy Storage Materials*. 2020. Vol. 5. P. 251-295.
2. Tariq S. L., Ali H. M., Akram M. A., Janjua M. M., Ahmadlouydarab M. Nanoparticles enhanced phase change materials (NePCMs) - A recent review. *Appl. Therm. Eng.* 2020. Vol.176, P. 115305.
3. Shaikh S., Lafdi K., Hallinan K. Carbon nanoadditives to enhance latent energy storage of phase change materials. *J. Appl. Phys.* 2008. Vol. 103 (9). P. 094302.
4. Kibria M. A., Anisur M. R., Mahfuz M. H., Saidur R., Metselaar I. H. S. C. A review on thermophysical properties of nanoparticle dispersed phase change materials. *Energy Convers. Manage.* 2015. Vol. 95. P. 69-89.
5. Gasia J., Maldonado J. M., Galati F., De Simone M., Cabeza L. F. Experimental evaluation of the use of fins and metal wool as heat transfer enhancement techniques in a latent heat thermal energy storage system. *Energy Convers. Manage.* 2019. Vol. 184. P. 530-538.
6. Prieto C., Lopez-Roman A., Martínez N., Morera J. M., Cabeza L. F. Improvement of phase change materials (PCM) used for solar process heat applications. *Molecules*. 2021. Vol. 26(5). P. 1260.
7. Pan M., Lai W. Cutting copper fiber/paraffin composite phase change material discharging experimental study based on heat dissipation capability of Li-ion battery. *Renewable Energy*. 2017. Vol. 114. P. 408-422.

СЕКЦІЯ 2

**«ЕКОЛОГІЯ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ»**

Керівники секції: д.т.н., проф. Семенюк Ю.В.; к.т.н., доц. Гаркович О.Л.

ЕКОЛОГІЧНА СУЧАСНІСТЬ УКРАЇНИ ТА СВІТУ

Нестер А.А, д.т.н., доцент
Хмельницький національний університет

Безпечним навколишнє середовище вважається таким, коли його стан відповідає встановленим у законодавстві критеріям, стандартам, лімітам і нормативам, які стосуються чистоти повітря, ґрунтів, екологічній стійкості, санітарним вимогам, здатності задовольняти інтереси громадян. Але на сьогодні ці перераховані умови не витримуються. Одне з провідних місць у забрудненні атмосферного повітря належить автотранспорту - на нього припадає понад третина усього обсягу викидів забруднюючих речовин в Україні, а в деяких містах більше, ніж половина. Понад 65% свинцю, 54% - оксиду вуглецю, 32% - вуглеводнів та 24% - оксидів азоту від загальної для країни кількості цих речовин потрапляють в атмосферу завдяки роботі автотранспорту. Зростаючий парк автомобілів (2245 авто на 1000 осіб в 2021 р) ставить перед державними органами цілий ряд задач і в їх числі екологічні. Наші міста не розраховані на таку кількість машин, якби банально це не звучало-це видно в скупченнях автомобілів в центрах великих та малих міст.

Війна. Зараз навіть неможливо повністю оцінити вплив війни на довкілля через брак точної інформації. Причин цьому дві. Насамперед, навіть збирати ці дані небезпечно для фахівців, оскільки тривають активні бойові дії. По-друге, не вся інформація може бути озвучена публічно з тактичною метою. Проте точно зрозуміло: чим довше триває війна, тим більше шкоди вона завдасть довкіллю, і тим більше наслідків ми матимемо в майбутньому. Це підтвердилося, хоч і в меншому масштабі, на початку цієї війни, 8 років тому, коли Росія загарбала Крим і частини Донеччини та Луганщини. Як безпосередньо бойові дії, так і дії окупаційної адміністрації вплинули на природу цих регіонів. За тим, як саме — можна спробувати прогнозувати наслідки теперішнього повномасштабного вторгнення.

Під загрозою знищення перебувають близько 200 територій Смарагдової мережі площею 2,9 млн га. Смарагдова мережа — це мережа природоохоронних територій, створена задля збереження видів та оселищ, які потребують охорони на загальноєвропейському рівні, але розташовані в країнах, які не є членами ЄС. Усе це середовища існування для тисяч видів рослин і тварин. Ці території мають важливу роль для захисту біорізноманіття та збереження клімату. Ареали деяких рідкісних і ендемічних видів і оселищ опинилися в зоні активних бойових дій, що загрожує їхньому існуванню, наприклад це цілинні нерозорані степи, крейдяні схили на Донеччині, приморські оселища у південних областях, болота на півночі.

Дуже багато людей не є грамотними саме в екологічному плані. Тобто вони не слідкують за тим, що вони викидають, скільки викидають. Відсутність державної політики можна назвати однією з причин екологічних проблем. Сюди можна віднести корупцію, відсутність ефективної системи покарань, відсутність необхідної інфраструктури для сортування і переробки сміття, неякісну роботу комунальних служб, а також відсутність підтримки екологічних ініціатив. Не краще себе веде і бізнес-не бажає впроваджувати нові екологічні технології бо це веде до підвищених витрат, а в умовах військового часу проблеми тільки загострюються через брак коштів, знищення бізнесу на його східних кордонах [1].

Але перекладати відповідальність на органи влади неправильно: зміни варто починати з себе, адже держава робить лише те, на що є запит від суспільства.

Сучасні екологічні проблеми України пов'язані з загальною тенденцією розвитку міст, промислового виробництва пов'язаного з використанням широкого комплексу матеріалів, хімічних сполук. Бурхливий розвиток промисловості та міст потягнув за собою широке будівництво житла, транспортних засобів та вузлів комунікацій та накоплення відходів.

Відомо, що найбільші в світі запаси чорноземів зосереджені на території України. Сьогодні, на жаль, запаси та якість цього неоціненного ресурсу в нашій державі істотно знизились, що пояснюється варварською, непродуманою їх експлуатацією, ерозією, засоленням, відчуженням земель під кар'єри та промислові споруди. В гонитві за врожаєм ґрунти розорюються дедалі глибше й частіше, в них у неймовірних кількостях вносяться мінеральні добрива й пестициди. В результаті на величезних площах степової і посушливої зон ґрунти втратили здатність убирати й пропускати воду, їхня структура деградувала, вони перенасичені шкідливими хімічними сполуками. По всій території України родючість ґрунтів катастрофічно зменшується.

За останні 35 – 40 років вміст гумусу в ґрунтах України зменшився на 0,3 – 0,4%. За розрахунками Української академії аграрних наук, щорічні втрати гумусу становлять від 0,6 до 1т/га. Це наслідок використання недосконалих технологічних схем у сільському господарстві та істотного зменшення внесення органічних добрив, що пов'язане із занепадом тваринництва-більшість ферм в колишніх сільськогосподарських підприємствах знищено, конструкції хаотично розібрані (в кращому випадку пішло на приватне будівництво) [2].

Україна має унікальний ґрунтовий покрив – більше 60 % її площі зайнято чорноземними ґрунтами, які за характеристиками кореневмісного шару, властивостями, потенціалом родючості, придатністю до вирощування багатьох польових культур не мають собі рівних. Завдяки великому ресурсному потенціалу природної родючості чорноземів Україна займає провідні позиції у світовому експорті зернових культур і соняшнику. Разом з тим, в Україні протягом останніх років домінувала незбалансована дефіцитна система землеробства з поступовим збідненням ґрунтового-ресурсного потенціалу та погіршенням екологічного стану ґрунтів. Як наслідок, ґрунти втратили значну частину гумусу, найродючіші у світі чорноземи перетворилися на ґрунти з середнім рівнем родючості і продовжують погіршуватися. Зберігати й надалі такий підхід до родючості неприпустимо, бо це призведе до подальшого загострення проблеми. На жаль, за часи незалежності систематичної роботи з охорони ґрунтів в Україні не було налагоджено. Багато надій покладали на земельну реформу. Вважалося, що зміна форми власності на землю автоматично сформує відповідального компетентного власника, який самостійно буде оберігати й збільшувати родючість ґрунтів. Однак, у реальному виробництві цього не трапилося. Зараз, в умовах відкриття ринку землі виникають великі ризики посилення деградації ґрунтів та зниження їх родючості. Тому потрібно реформування системи державного контролю стану ґрунтів і регулювання у сфері охорони ґрунтів та їх родючості, нова державна політика, розроблення і прийняття нової Стратегії (Концепції) розвитку системи охорони земель в Україні на період до 2030 р. Через незавершеність земельної реформи, майже повну безвідповідальність нових землекористувачів, що орендують земельні ділянки, неповноцінний земельний кадастр, неефективний рівень правового захисту ґрунтів, недостатність і практичну недосконалість контролю стану їх родючості – в країні фактично функціонує хаотичний тип землекористування з очевидними негативними наслідками для наступних поколінь [3].

Основна маса відходів в Україні утворюється на підприємствах гірничопромислового, хіміко-металургійного, машинобудівного, паливно-енергетичного, будівельного, целюлозно-паперового та агропромислового комплексів. Загалом на металургійних виробництвах на 1 т сталі утворюється 0,4 т відходів, у кольоровій металургії кількість відходів шлаків на 1 т металу становить 10-200 т. У відвалах шлаків країн СНД знаходиться понад 27 млн. т заліза, 335 тис. т міді й 2 млн. т цинку. Шламові відвали свинцевих заводів містять понад 3 млн. т заліза, понад 900 тис. т цинку, 150 тис. т свинцю і 70 тис. т міді. У результаті до теперішнього часу накопичено сотні мільйонів тон різних твердих відходів, які необхідно переробляти й знешкоджувати. Масштаби щорічного продукування й нагромадження твердих відходів вимагають створення потужних переробних установок продуктивністю, вимірюваної мільйонами тонн у рік з їх промисловим освоєнням [2].

Серед рідких відходів є велика група важких металів, які широко застосовуються в різних промислових виробництвах, і, незважаючи на застосовувані способи очищення, з'єднання важких металів проникають у промислові стічні води. Значна кількість цих з'єднань попадає у воду також через атмосферу. Екологічна небезпека важких металів полягає в тому, що вони активно поглинаються фітопланктоном, а після цього попадають людині по харчовому ланцюгу.

Сміттєзвалища твердих побутових відходів часто експлуатуються за відсутності проектної документації, а також відповідних рішень, що забезпечують експлуатаційну надійність цих об'єктів; без виконання інженерних заходів, що забезпечують стійкість полігонів як споруди, його довговічність і безпеку навколишнього природного середовища, за відсутності даних розрахункового терміну експлуатації полігонів (сміттєзвалищ). Сільськими радами в більшості не розроблено місцеву програму поводження з твердими побутовими відходами та схему санітарного очищення населених пунктів. Це викликає невдоволення сільських громад, приводить до страйків, заборону доступу на сміттєзвалища і, як наслідок, скид відходів в лісопосадки, поля та місця не призначені для зберігання відходів.

А проблема буде посилюватись через специфічність територіальних громад, які не мають досвіду роботи в екологічній царині, пов'язаній з щоденним контролем на підпорядкованій території, відсутністю кваліфікованих кадрів.

У сільських населених пунктах відсутні спеціалізовані підприємства у сфері поводження з побутовими відходами, відсутність в переважній більшості спецтехніки для належного збору та вивезення ТПВ на діючі сміттєзвалища.

Не забезпечується організація роздільного збирання корисних компонентів відходів, які завозяться на звалище ТПВ.

Відповідні перевірки додержання вимог природоохоронного законодавства свідчать про численні порушення у сфері поводження з твердими побутовими відходами при здійсненні операцій щодо складування, розміщення, зберігання останніх на територіях селищних та сільських рад.

Основними порушеннями, що були виявлені під час проведення перевірок сміттєзвалищ твердих побутових відходів були: безсистемне складування та захоронення – без використання карт, не здійснення контролю ступеню пошарового ущільнення відходів, в переважній більшості не здійснюється пошарова ізоляція ґрунтом; не ведеться облік відходів; відсутній дизбар'єр тощо.

На більшості сміттєзвалищ не проводиться моніторинг визначення та прогнозування впливу відходів на навколишнє природне середовище, своєчасного виявлення негативних наслідків, їх відвернення та подолання, що можуть виникнути при експлуатації звалища ТПВ.

Особливу занепокоєність викликають відходи гальванічних процесів утворені промисловими підприємствами. Під час використання гальванічних процесів в сучасному виробництві виникає ризик, пов'язаний з аварійними ситуаціями, який можна розглядати як ризик зберігання відходів так і безпосередньо в процесі проведення технологічних процесів. При цьому прийнято виділяти технічні, технологічні, організаційні та інші причини розвитку несприятливих ситуацій. Ризик зберігання відходів так і безпосередньо в процесі проведення технологічних процесів є небезпекою для навколишнього середовища, в якому перебуває людина, тваринний світ та фауна. Тому такий ризик можна називати екологічним.

Проведенні на декількох підприємствах дослідження показали, що часто відходи гальванічних виробництв зберігаються не в належних умовах у вигляді солей, які зберігаються в ємкостях, поліетиленових мішках та попадають під дію атмосферних осадів. У процесі дії на них атмосферних осадів солі вимиваються та переходять в ґрунти, поверхневі води, забруднюючи навколишнє середовище. Часто обчислений індекс небезпеки відходів, які зберігаються на території підприємств мають індекс небезпеки $NI > 1$. Такий рівень ризику є неприйнятним, а забруднювальні речовини, які містяться у гальванічному шламі і надійшли в об'єкти довкілля внаслідок аварійної ситуації, негативно вплинуть на

здоров'я людини. Отже, аварійні ситуації, що супроводжуються порушенням цілісності місць зберігання (ємностей, мішків і т.п.) і призводять до попадання гальванічного шламу в довкілля, підвищують ризик для здоров'я людини. Отримані рівні канцерогенного ризику і індексу небезпеки вказують на необхідність прийняття комплексу рішень щодо відвертання виникнення надзвичайних ситуацій, а також мінімізацію їх наслідків [3].

Особливу небезпеку для людини і біоти становлять важкі метали, які присутні у відходах гальванічного виробництва. Шкідливий вплив таких важких металів, як хром і нікель значно підвищується за їх канцерогенними властивостями, які проявляються в мутагенному ефекті, хромосомних uszkodженнях, зміні репарації ДНК і тому подібне.

За останні роки спостерігається зростання попиту на кисломолочну продукцію та зменшення обсягів виробництва пастеризованого молока, у зв'язку з чим утворюється велика кількість сироватки (майже 90 % від об'єму молока, яке переробляється).

Найбільшою загрозою для водних об'єктів є стічні води виробництв казеїну та твердих сирів, що характеризуються високими показниками ХСК та БСК. Але тут є свої проблеми, котрі необхідно вирішувати. Відомі різні методи утилізації сироватки: ультрафільтрація, сушіння, виробництво етилового спирту та інших продуктів. Але ці методи майже не застосовуються. В кращому випадку частина сироватки йде на продаж населенню. Але основну частину сироватки разом зі стічною водою скидають у каналізацію, що створює екологічну проблему. ХСК сироватки становить близько 70000 мг/л, а недостатнє промислове використання відходів призводить до великих втрат цінних речовин, зниження ефективності виробництва та необхідності сплати штрафів за скидання недостатньо очищених стоків. Існуючі хімічні та фізико-хімічні методи очищення забрудненої води (хлорування, озонування, осмос тощо), що полягають в активній хімічній дії або фізичному впливі на воду, дають змогу видалити з неї забруднювальні речовини, погіршуючи при цьому фізико-хімічні властивості води та порушуючи природний баланс розчинених у ній солей. Більшість підприємств молочної промисловості не очищує стічні води, що утворюються в процесі виробничої діяльності, а передають їх на очищення водоканалам, хоча раціональніше побудувати сучасні очисні споруди, що дозволять очистити стоки до норм водойм рибогосподарського призначення та скидати у водні об'єкти та при цьому отримати економічний ефект і користь для навколишнього природного середовища [4].

В вирішенні задач зменшення кількості відходів нам необхідно користуватись досвідом збору та переробки відходів, який мають передові країни західної Європи, де достатньо інформовано населення, підприємства та вирішені питання на державному рівні.

У зв'язку з бурхливим розвитком органічного сільського господарства та способів виробництва альтернативних видів палива все більш важливе значення у практиці рециркулювання набуває переробка так званих біорозкладних відходів. У цій категорії розрізняють: 1) харчові відходи; 2) органічні відходи («будь-які відходи рослинного або тваринного походження»); 3) власне біорозкладні відходи («будь-які відходи, що розкладаються анаеробним або аеробним шляхом, такі як харчові або садові відходи, а також папір та картон»); 4) біовідходи («біорозкладається зелена маса садів та парків, харчові та кухонні відходи з домогосподарств, ресторанів, кафе та харчових підприємств»).

Потоки харчових відходів величезні. За оцінками, втрати продовольства у світі становлять від однієї третини до половини вироблених продовольчих продуктів. У Європі ці втрати оцінюються цифрою 280 кг на особу на рік – 190 кг на стадії виробництва та роздрібної торгівлі плюс 90 кг, що втрачаються у домогосподарствах. Залежно від місцевих умов біовідходи становлять 30-40% (за обсягом та вагою) твердих муніципальних відходів; у середземноморських країнах, де велике споживання овочів та фруктів і розвинений туризм, ця цифра може сягати 80%.

Вивезені на звалища харчові відходи гниють, залучаючи мух та шкідників; у процесах гниття виділяються парникові гази – вуглекислий газ та метан: негативні наслідки, таким чином, мають як локальний, так і глобальний (вплив на клімат) характер.

У ЄС ще наприкінці 1990-х років було взято курс на радикальне скорочення біорозкладних відходів. Ідеальним способом переробки органічних кухонних, садових та сільськогосподарських відходів є компостування. Сьогодні теорія компостування стала добре розробленою предметною галуззю науки, на практиці ж застосовуються різні системи - від технологій промислового компостування до домашніх (садових) компостерів. Великі виробництва при цьому охоплені Європейською мережею компостування, що налічує 72 асоційовані члени з 27 країн ЄС та обслуговує понад 3000 підприємств. Широко пропагуються «найкращі практики». Так домашнє компостування в Італії здійснюється з 2004 р. під загальним керівництвом «громадського консорціуму», охоплено 19 місцевих комун. Програма мала на увазі три цілі: покращити систему збору відходів, зменшити їх освіту та скоротити плату, що стягується з домогосподарств за їх вивіз.

Просування проекту включало такі заходи, як влаштування виставок, роз'яснювальна робота з місцевими муніципалітетами та громадськими організаціями, школами та сім'ями. На спеціальних курсах навчали різним способам компостування, поширювали технічну документацію та безкоштовно роздавали відповідні посібники. Кожне домогосподарство було забезпечене спеціальним обладнанням.

Склалася мережа «ековолюонтерів», які беруть активну участь у проекті; усю роботу обслуговував свій інтернет-сайт. В результаті методами «селективного» збирання харчових відходів стали користуватися до 80% домогосподарств комун; 90% домогосподарств, як показав аналіз, освоїли методи домашнього компостування «на належному рівні»; повсюдно скоротилася плата за вивезення домашніх відходів [5].

Перелічені недоліки нашого промислового, харчового виробництва та збору твердих побутових відходів ставлять перед нашим суспільством серйозні задачі, які потрібно вирішувати вже зараз, не очікуючи закінчення військових дій.

Проте насправді проблеми стану довкілля, взаємини у суспільстві, ставлення до довкілля є головними проблемами, які не можуть вирішуватися без загальної освіти окремих індивідуумів, які використовують природне середовище у всьому різноманітті. Сучасний підхід до вивчення світу, довкілля вимагає сьогодні як нового підходу, а й нової логіки міждисциплінарних досліджень.

Треба відзначити, що екологічні проблеми мали місце на порядку денному державних та урядових органів упродовж понад трьох десятиліть. І найсерйозніше до цих проблем віднесли вчені та суспільства країн Західного світу. І все-таки, незважаючи на різноманіття сучасних досліджень з питань взаємозв'язку екологічної політики та політичної економії, вони не можуть вирішити проблеми екологічної політики самостійно, без участі держави та широкої освіти людей.

При цьому особлива увага має бути приділена питанням повторного використання відходів у різних галузях промисловості держави, тобто можна сказати, що державою, суспільством має «нав'язуватися» умова безвідходного виробництва.

Висновок. Все викладене має стимулювати державні структури, навчальні заклади до розширення вивчення екологічних питань і прийняття рішучих заходів з оздоровлення навколишнього середовища.

Інформаційні джерела

1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>.
2. Нестер А.А. Монографія. Очистка стічних вод виробництва друкованих плат. Видавництво Хмельницького національного університету, 2016. 219 с.
3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://naas.gov.ua/newsall/newsnaan/6484/>
4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecolog-ua.com/news/yaki-metody-zastosovuyut-dlya-ochyshchennya-stichnyh-vod-molokozavodiv>
5. Никуличев Ю.В. Управление отходами. Опыт Европейского союза. Аналит. обзор РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. Исслед. глоб. и регионал. пробл. Отд. проб. европ. безопасности. – М., 2017. – 55 с.

УДК 504.056

ПРО ЕКОЛОГІЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНІЧНОГО ОБ'ЄКТА

Воїнов О.П., д.т.н., професор,
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
Воїнова С.О., к.т.н., доцент,
Одеський національний технологічний університет

Людство на багатотисячолітньому шляху свого розвитку створило світове виробництво, унікальне за різноманітністю галузей, високопродуктивне за обсягом продукції, що випускається, високоінтелектуальне за рівнем науково-технічних і психолого-організаційних рішень, що приймаються.

Світове виробництво загалом задовольняє сучасні, динамічно зростаючі потреби населення Землі чисельністю понад сім мільярдів людей. Значення цього факту для існування та подальшого розвитку людства неможливо переоцінити.

На діалектичному за характером і змістом шляху розвитку людства та створеного ним світового виробництва, поряд з зазначеними важливими позитивними результатами історичного процесу, мають місце також негативні результати, зумовлені та супроводжуючі процес поєднаного розвитку суспільства, виробництва та навколишнього природного середовища (ПС), живої та неживої природи.

Під шкідливим впливом виробництва стан ПС погіршується, воно деградує. Даний процес відбувається з прискоренням, відображаючи прискорений розвиток виробництва, яке протягом трьох останніх століть завдало ПС серйозних збитків у глобальному масштабі. Склалася небезпечна екологічна обстановка. Глобальна кліматична аномалія, що виникла на початку 2019 року і продовжується досі, відображає цю обстановку.

Перед людством вперше постала проблема високого рівня важливості, складності та невідкладності розв'язання, проблема екологічного характеру - захисту ПС від шкідливого впливу світового виробництва [1].

На шляху до вирішення проблеми людству доведеться орієнтувати всю свою діяльність насамперед на вирішення комплексу завдань, спрямованих на підвищення рівня екологічної ефективності (тобто екологічності) функціонування об'єктів світового виробництва, всіх його галузей [2].

Як відомо, технологічна ефективність (ТЕ) функціонування технічного об'єкта (ТО) має три складові: екологічну ефективність ($E_{\text{л}}$), економічну ефективність ($E_{\text{н}}$) та загальнотехнічну ефективність ($E_{\text{з}}$). У нинішній, стагнаційний період розвитку світового виробництва, внаслідок небезпечного погіршення стану ПС, провідного положення набула $E_{\text{л}}$ кожного об'єкта виробництва, і, природно, $E_{\text{л}}$ світового виробництва в цілому. Завдання контролю та управління $E_{\text{л}}$ використовуваного обладнання набули особливого значення.

В умовах діючого виробництва операція прямого виміру поточного значення (рівня) $E_{\text{л}}$ діючого ТО уявляється складнішою, ніж операція виміру поточного рівня будь-якого іншого параметра його технологічного процесу. При цьому, поточне значення $E_{\text{л}}$ ТО відчуває істотний вплив режимних факторів технологічного процесу. Ці обставини ускладнюють оперативний вплив на поточний рівень $E_{\text{л}}$, ускладнюють процес управління ним [3]. Умови використання обладнання з високим ступенем фізичного зносу ще більше ускладнюють завдання управління рівнем $E_{\text{л}}$ ТО, практично перетворюють його на проблему.

У реальних виробничих умовах природоохоронну функцію доцільно реалізовувати у двох напрямках:

- підвищення екологічності здійснюваного технологічного процесу функціонування ТО,

- підвищення якості управління екологічною складовою цього процесу, E_L . [4].

Діючий ТО, його технологічний процес надає на ПС безпосередній, видимий шкідливий вплив, що піддається кількісній оцінці, прямому або непрямому виміру. Отримуваний при цьому результат оцінює рівень видимої E_L розглянутого ТО.

Зрозуміло, що даний показник відображає екологічність тільки самого розглядуваного ТО. А на ПС надає шкідливий вплив не тільки розглядуваним ТО, але свій шкідливий вплив раніше вже надали виробничі об'єкти - виробники сировини і енергії, що використовуються розглядуваним ТО.

При цьому, однак, фактично не враховано шкідливий вплив на ПС (тобто порція екологічної відповідальності) з боку підприємства, що виготовило сировинний матеріал і підприємства, що виробило енергію (електрику і теплоту), спожиті розглядуваним ТО.

Використовувані розглядуваним підприємством сировина і енергія несуть порцію екологічної відповідальності, успадкованої ними від підприємств, що їх випустили, тобто їх виробників. Ця відповідальність тепер лягла на розглядуване підприємство, що використовує, споживає сировину та енергію.

Якщо докласти зусиль, розрахувати розмір порції екологічної шкоди, завданої ПС підприємствами, які постачають (розглядуваному підприємству) сировину та енергію, можна отримати розмір сумарної порції екологічної шкоди, завданої ПС цими постачальниками.

Якщо з видимого рівня E_L розглядуваного ТО відняти розмір сумарної порції екологічного збитку, завданого постачальниками сировини та енергії, можна визначити дійсний, фактичний рівень E_L розглядуваного ТО.

Для визначення рівня E_L розглядуваного підприємства, необхідні дані про питому витрату сировини і питому витрату енергії, а також дані про порцію екологічної відповідальності використовуваної сировини і про порцію екологічної відповідальності використовуваної енергії.

У реальній сучасній обстановці дані про питому витрату сировини та енергії практично є доступними. Дані про порції екологічної відповідальності конкретних сировини й енергії, особливо одержуваної з мережі, підключеної паралельно до групи джерел, поки що є недоступними.

Зрозуміло, нині підприємству, з метою підвищення рівня своєї фактичної E_L , необхідно доступними засобами проаналізувати і зіставити доступні джерела сировини і джерела енергії, вибрати найбільш доцільні з усіх доступних міркувань і вступити з ними в екологічно ефективнішу співпрацю.

Приклад. Розглянуте підприємство використовувало сировину та енергію, одержувані від постачальників, які використовують енергію, отриману при спалюванні твердого палива.

Підприємство змінило постачальників, перейшло на отримання сировини й енергії від постачальників, які використовують енергію Сонця.

Тепер рівень екологічної відповідальності сировини і енергії, одержуваних розглядуваним підприємством зменшився. А це означає, що тепер різниця між видимою E_L і рівнем екологічної відповідальності нових сировини і матеріалів, що знизився, стала більшою, тобто справжня, фактична E_L розглядуваного підприємства стала більшою, зросла.

У цьому прикладі умовно тариф на енергію, одержувану від сонячних джерел, прийнятий, звісно, низьким.

Слід зазначити, що підвищення рівня E_n ТО, наприклад, внаслідок часткового його оновлення, опосередковано обумовлює також підвищення рівня його E_L , що надзвичайно важливо з позицій захисту ПС від шкідливого впливу виробництва [5, 6].

У перспективі належний рівень E_L функціонування ТО можна буде забезпечити за умови високоякісного управління її видимою та її фактичною складовими, тобто при здійсненні комплексного управління E_L ТО.

Науково-технічні дослідження з проблеми підвищення рівня TE , передусім E_L , функціонування об'єктів виробництва, що виконуються в науково-дослідних, проектно-конструкторських установах та у закладах вищої освіти, необхідно всебічно підтримувати і

розвивати. Особливу увагу слід звернути на розв'язання завдань екологічного характеру, які заслужено, стійко і назавжди набули статусу головних завдань у діяльності людства.

Висновки

1. Людство у процесі свого розвитку створило багатогалузеве світове виробництво.
2. Діюче світове виробництво надає на ПС шкідливий вплив, сила якого зростає.
3. Перед людством постала важлива та складна проблема захисту ПС від шкідливого впливу виробництва.
4. Набуло актуальності завдання підвищення екологічності об'єктів виробництва.
5. Видима E_L ТО відбиває лише безпосередній вплив його на ПС, але не відображає впливу на неї з боку постачальників сировини та енергії.
6. За даними про видимий рівень E_L розглядуваного ТО та розміром сумарної порції екологічного збитку, завданого постачальниками сировини та енергії, можна визначити дійсний, фактичний рівень E_L розглядуваного ТО.
7. Розрахунок рівня дійсної E_L продукції розглядуваного підприємства ускладнений відсутністю даних про порції екологічної відповідальності використовуваних ним сировини та енергії.
8. Розглянутому підприємству, з метою підвищення своєї фактичної E_L , необхідно з-поміж доступних джерел сировини та енергії вибрати найбільш доцільні з екологічних міркувань і вступити з ними у співпрацю.
9. Підвищення рівня E_n ТО, наприклад внаслідок часткового його оновлення, обумовлює також підвищення рівня його E_L .
10. У здійснюваній науковій, соціальній, виробничій, громадській діяльності, відповідно екологічної обстановці у світі, що змінилася, необхідно розвивати екологічний аспект діяльності всього суспільства.

Інформаційні джерела:

1. Шматков Г.Г., Матухно Е.В., Пасечник И.В. Наилучшие доступные технологии как инструмент обеспечения экологической безопасности промышленных предприятий / *Екологія та промисловість*, 2018, №2. – С. 4–7.
2. Закон України 2697-VIII «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019. Введений в дію 01.01.2020 / *Відомості Верховної Ради*, 2019, № 16. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>.
3. Voinova S.A. Technical objects' ecological efficiency indicators control / *Automation of technological and business processes*, 2019, Vol. 11, Iss. 1, p.p. 43–46.
4. Voinova S.A. About significance of the control problem of ecological efficiency of functioning of technical objects / *Automation of technological and business-processes*, 2016, Vol. 8, Iss. 2, p.p. 19–22.
5. Воїнова С.О. Оновлення технічного об'єкта як засіб управління його технологічною ефективністю / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2011, № 5, 6. – С. 25–27.
6. Воїнова С.О. Часткове оновлення – інноваційний інструмент управління ефективністю функціонування устаткування, що відробило ресурс / *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів*, 2016, Т. 8, № 1. – С. 71–76.

УДК 502.174:664

ОЦІНКА КАВОВОГО ШЛАМУ У РЕЦЕПТУРІ СУБСТРАТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГЛИВИ ЗВИЧАЙНОЇ (*PLEUROTUS OSTREATUS*)

А. М. Макас, аспірант, Г. В. Крусір, д.т. н., проф.
Одеський національний технічний університет

Кава є одним із найпопулярніших напоїв у світі: у 2020 році було спожито понад 9,98 мільйона тон цього продукту [1]. Нещодавно опубліковані результати свідчать про значну користь для здоров'я дорослих в результаті помірнього споживання кави, що частково пояснюється антиоксидантною активністю фенольних сполук у поєднанні з високим вмістом розчинних харчових волокон [2,3].

Щорічно утворюється приблизно 28 000 тон відходів кавової промисловості [4]. Найбільшу частку з них складає саме кавовий шлам, який утворюється на підприємствах з виготовлення розчинної кави чи інших кавових напоїв, а також на підприємствах ресторанного господарства при приготуванні різноманітних кавових напоїв. Наразі, найпоширенішим методом його утилізації є скидання на звалищах як змішані муніципальні відходи, що негативно впливає на стан навколишнього середовища через його токсичність для рослин і водних організмів [5,6].

На сьогоднішній день у світовій науковій спільноті активно вивчаються можливі методи утилізації кавових відходів. Створено чимало нових технологій, що мають ряд своїх переваг та недоліків. Доведено, що завдяки своєму складу їх можна використовувати у багатьох галузях.

Вирощування їстівних грибів є потенційною стратегією боротьби з декількома глобальними кризами, такими як зменшення природних ресурсів, врожайності та відсутність продовольчої безпеки. Гриби гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*) займають друге місце в загальному світовому виробництві грибів [7]. У комерційному виробництві вони важливі через свої органолептичні властивості та поживну цінність [8]. *Pleurotus ostreatus* особливо цінуються через вміст вуглеводів, вітамінів і мінералів [9], низьку калорійність, низький вміст жиру та натрію [10], різноманітні лікувальні властивості [11]. Як сапрофіт, гриб росте на мертвій деревині та інших лігноцелюлозних субстратах [12]. Оскільки кавовий шлам складається з високого відсотка целюлози (12,40%), геміцелюлози (39,10%) і лігніну (23,90%), його потенційно можна використовувати як додатковий або альтернативний субстрат для культивування грибів видів *Pleurotus*. Крім того відомо, що гриби *Pleurotus* можуть детоксикувати та видаляти фенольні сполуки з промислових і побутових стічних вод шляхом утворення позаклітинних секретів лаккази та пероксидази [13,14] (Salmones та ін. 2005; Edalli, 2010;). Гіпотетично, культивування цих грибів на субстратах з вмістом кавового шламу, може призвести до зниження вмісту фенолу та кофеїну на відпрацьованих відповідних субстратах. Тобто культивування грибів *Pleurotus* може виробляти багату білком їжу та діяти як мікоремедіаційний процес для видалення фітотоксинів у субстратах з вмістом кавового шламу. Це дасть змогу в подальшому використовувати відпрацьований субстрат у якості добавки до корму великої рогатої худоби або у якості добрива для рослин.

Для того щоб оцінити продуктивність кавового шламу як субстрату для культивування їстівних *Pleurotus ostreatus* було досліджено шість формул субстратів на основі сухої ваги. Складова частка кавового шламу в субстратах становило 0%, 50%, 60%, 70%, 80% та 100%. Субстрат, що складалася з 100% соломи служив для порівняння, як контрольний зразок. Усі обробки проводили в п'яти повторях.

Для оцінки виробництва грибів фіксували час загального періоду колонізації, час до ініціації шпилькової голівки плоду, час до першої та другої хвилі врожаю. Ці показники реєстрували як кількість днів після посіву міцелію (ДППМ). Виробництво на рівні кожної обробки оцінювали шляхом оцінки кількості та ваги грон (г /мішок-1), кількості та ваги

грибів (г /мішка-1), біологічної врожайності (г /мішка-1) та економічного виходу (г /мішок-1). За результатами дослідження міцелій не повністю колонізував субстрат виготовлений лише на основі кавового шламу, що вказує на неможливість використання цього субстрату для культивування грибів гливи звичайної (*Pleurotus ostreatus*). Хоча дане дослідження продемонструвало, що підвищення вмісту кавового шламу у субстратах для вирощування гливи знижує біологічну ефективність, гриби, отримані в усіх варіантах обробки придатні для продажу і таку технологію можна використовувати, як шлях до безпечної екологічної утилізації кавових відходів.

Інформаційні джерела

International Coffee Organization. Total production by all exporting countries. [Electronic resource]. 2019.

Klangpetch, W., 2017. Evaluation of antioxidant, anti-pathogenic and probiotic growth stimulatory activities of spent coffee ground polyphenol extracts. *Int. Food Res. J.* 24, 2246–2252.

Vignoli, J.A., Bassoli, D.G., Benassi, M.T., 2011. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chem* 124, 863–868. doi:10.1016/j.foodchem.2010.07.008.

Chin, K.L., H'ng, P.S., Chai, E.W., Khoo, P.S., Lee, C.L., Go, W.Z., 2020. Valorization of Lignocellulosic Food Industry Waste in Malaysia by Accelerated Co-composting Method: Changes in Physicochemical and Microbial Community. *Waste Biomass Valorization* 11, 4871–4884. doi:10.1007/s12649-019-00825-4.

Cervera-Mata, A., Navarro-Alarcón, M., Rufián-Henares, J.Á., Pastoriza, S., Montilla Gómez, J., Delgado, G., 2020. Phytotoxicity and chelating capacity of spent coffee grounds: Two contrasting faces in its use as soil organic amendment. *Sci. Total Environ.* 717, 137247. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137247

Fernandes, A.S., Mello, F.V.C., Filho, S.T., Carpes, R.M., Honório, J.G., Marques, M.R.C., Felzenszwalb, I., Ferraz, E.R.A., 2017. Impacts of discarded coffee waste on human and environmental health. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 141, 30–36. doi:10.1016/j.ecoenv.2017.03.011.

Royse, D. J. (2014). A global perspective on the high five *Agaricus*, *Pleurotus*, *Lentinula*, *Auricularia* and *Flammulina*. *Proceedings of the 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMPS)* (pp. 19–22).

Carrasco-Cabrera, C. P., Bell, T. L., & Kertesz, M. A. (2019). Caffeine metabolism during cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) with spent coffee grounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(14), 5831–5841. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09883-z>

Cheung, P. C. K. (2010). The nutritional and health benefits of mushrooms. *Nutrition Bulletin*, 35(4), 292–299. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2010.01859.x>

Tolera, K. D., & Abera, S. (2017). Nutritional quality of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. *Food Science & Nutrition*, 5(5), 989–996. <https://doi.org/10.1002/fsn3.484>

Khan, M. A., & Tania, M. (2012). Nutritional and medicinal importance of *Pleurotus* mushrooms: An overview. *Food Reviews International*, 28(3), 313–329. <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.637267>

Cohen, L., Persky, Y., & Hadar, R. (2002). Biotechnological applications and potential of wood degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 58(5), 582–594. <https://doi.org/10.1007/s00253-002-0930-y>

Salmones, D., Mata, G., Waliszewski, K.N., 2005. Comparative culturing of *Pleurotus* spp. on coffee pulp and wheat straw: biomass production and substrate biodegradation. *Bioresour. Technol.* 96, 537–544. doi:10.1016/j.biortech.2004.06.019.

Girmay, Z., Gorems, W., Birhanu, G., & Zewdie, S. (2016). Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *AMB Express*, 6(87), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s13568-016-0265-1>

УДК 628.316.12:543.383.2

ПРОБЛЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ

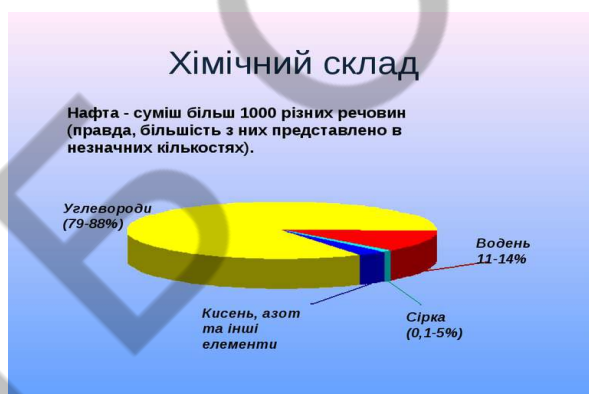
Крусір Галина Всеволодівна**Купріяшкіна Олена Володимирівна****Одеський національний технологічний університет**

65000, вул. Канатна, 112, Одеса, Україна; lenakupe@ukr.net

Забруднення Світового океану нафтою та нафтопродуктами – одна з найбільших екологічних проблем. Нафта являє собою в'язку маслянисту рідину, що має темно-коричневий колір та володіє слабкою флуоресценцією. Нафта складається переважно з насичених аліфатичних та гідроароматичних вуглеводнів. Основні компоненти нафти – вуглеводні (до 79-88 %) – поділяються на чотири класи: парафіни (алкани), циклопарафіни (30-60% загального складу), ароматичні вуглеводні (20-40% загального складу), олефіни (алкени).

У природних умовах до Світового океану надходить 0,2-2,0 млн. т. нафтопродуктів. Їх джерела:

- надходження з континентів з неочищеними стоками (приблизно 2 млн. т/рік);
- надходження з атмосфери (приблизно 0,3 млн. т/рік);
- природний виток із надр (приблизно 0,3 млн. т/рік);
- буріння на шельфі (приблизно 0,05 млн. т/рік);
- викиди із суден і аварійні викиди. [1]



Усі компоненти нафти токсичні для морських організмів. При нафтовому забрудненні водних ресурсів змінюється співвідношення видів і зменшується їх різноманітність. Ароматична фракція нафти містить речовини мутагенної та канцерогенної природи. Нафтова плівка на поверхні моря пригнічує життєдіяльність морського фітопланктону, що є одним із головних постачальників кисню в земну атмосферу, порушуючи тепло та волого обмін між океаном та атмосферою, губить мальків риб і інших морських організмів.

Скид недостатньо очищених промислових та побутових стічних вод сприяє погіршення якості води, утворення токсичних сполук, зависей, плавок на поверхні водного об'єкта, порушення чи руйнування екосистеми та інші наслідки.

Щороку в Україні відповідно до інформаційно-аналітичного огляду [2] утворюються мільйони кубометрів стічних вод, які забруднені нафтопродуктами. Тому на сьогоднішній день є актуальним пошук нових методів, матеріалів та технологій для очистки стічних вод, які дозволять ефективно мінімізувати надходження до водних об'єктів нафти та продукти її переробки.

Для очистки стічних вод використовують механічні, фізико-хімічні і біологічні методи очистки на рис. 1 [3]. Для глибокого очищення стічних вод надають перевагу адсорбційним методам очищення. Але на практиці в цільовому використанні, зазначені методи мають ряд недоліків.

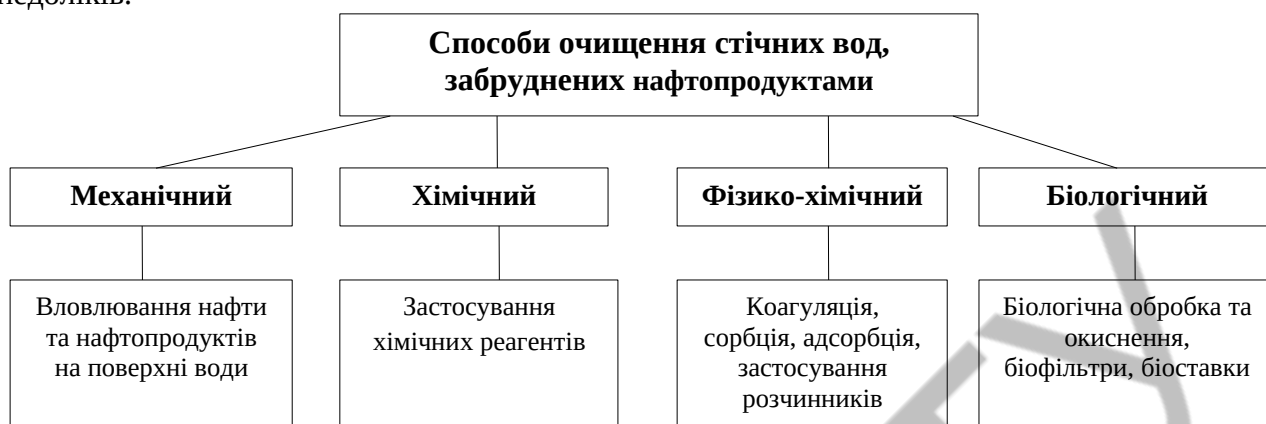


Рис. 1 Класифікація способів очищення стічних вод

Механічні методи очищення видаляють лише нафту на поверхні води та нафтошлами, які утворились в процесі відстоювання стічної води. Але проблема механічного методу очищення не вирішується у випадку емульгованої та розчинної нафти, яка не вилучається із стічної води. Тому таке очищення малоефективне.

Хімічні методи передбачають введення в стічну воду хімічних реагентів. В результаті хімічних реакцій, які відбуваються в процесі очищення, можливо утворення більш токсичних речовин, ніж вихідні.

Фізико-хімічні очищення проводиться за допомогою розчинників. Вибірково видаляються небажані компоненти з очищуваного продукту – зі стічних вод видаляються тонко дисперсні і розчиненні домішки, руйнуються органічні речовини, які не окислюються чи погано окислюються. Недоліком цього методу є утворення та нагромадження відходів, які потребують утилізації. Даний метод також не рекомендується застосовувати як самостійний – після нього необхідно доочищення [4].

Біологічне окислення нафти, яка міститься у стічних водах, можливо ефективно використовувати за умови низьких концентрацій нафти у товщі води, а також лише в певному інтервалі рН та температур. Для біологічного очищення забруднених вод нафтопродуктами використовують біофільтри, аеротенки та біологічні ставки.

Сорбційні технології є одним із найперспективнішим та прогресивнішим напрямів водоочищення [5]. Перевагою є їх доступність, дешевизна, наявність достатніх сировинних матеріалів, не токсичність, висока ефективність, можливість очистки вод, які відразу містять декілька забруднювачів.

Абсорбенти можуть бути: неорганічні, синтетичні, природні органічні та органо-мінеральні. Всі вони подібні за своїми сорбційними та іншими характеристиками. Використовуються як природні матеріали на рослинній і мінеральній основі (бавовна, торф, торф'яний мох, тирса, деревинна стружка, солома, глина), так і штучні синтетичні на основі віскози, гідратцелюлози, синтетичних волокон, термопластичних матеріалів, пінополіуретану тощо.

Проведений аналіз методів сорбційного очищення води від нафтопродуктів та нафти підтверджує перспективи використання саме природних адсорбентів. Серед них: торф, (поглинає від 3,5 до 9,8 кг сирої нафти), шерсть (1 кг може поглинути до 8-10 кг нафти), тирса, шкарлупа соняшника, рису, гречки, волоського горіха, активоване вугілля [3].

Для очищення води від нафтопродуктів широке застосування набуло використання таких сорбентів як глиняні породи, цеоліти та інше [6]. Наприклад, поглинальна здатність глиняних порід досягає 1,59 кг/кг, а цеолітів – 0,5 кг/кг [7]. Глиняні породи є найбільш

розповсюдженими неорганічними сорбентами для очищення води. Вони мають розвинену структуру з мікропорами різних розмірів залежно від виду мінералу. Для сорбційної обробки стічної води також використовують гранульоване активоване вугілля, нафтоємність активованого вугілля становить 1,2 кг/кг. Фільтрування води через шар гранульованого вугілля або введення у стічну воду порошкового активованого вугілля – найбільш універсальні методи видалення нафтопродуктів із стічних вод. Для постійної сорбційної обробки активоване вугілля регенерують, що знижує вартість очищення стічної води.

Слід відмітити, що в Україні є всі технічні та технологічні можливості, які можуть забезпечити виробництво адсорбційних матеріалів з рослинних відходів, запаси яких постійно поповнюються. Перспективність використання відходів агропромислового комплексу для одержання ефективних та недорогих адсорбентів обумовлена тим, що їх основними хімічними компонентами є целюлоза, лігнін, геміцелюлоза та екстрактивні речовини. Розглянутий матеріал підтверджує необхідність у проведенні подальших наукових досліджень очищення нафтовмісних стічних вод з використання перспективних сорбентів.

Література:

1. Б.І. Дембович, С.В. Яворська «Забруднення океанів нафтою та нафтопродуктами» УДК 504.054+502.5 Національний технічний університет України «КПІ», Київ, України- с.1;
2. Звіти. Національна екологічна політика [Електронний ресурс]/ Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. – 2022р.- Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/39661.html> ;
3. Сіроткіна Е.Е. Матеріали для адсорбційної очистки води від нафти та нафтопродуктів/Сіроткіна Е.Е., Л.Ю. Новосьолова// Хімія в інтересах стійкого розвитку. – 2005.-№13 – с.359-377;
4. Аксьонов В.І., Ладигічев М.Г., Нічкова І.І., Нікулін В.О., Кляйн С.Е. Водне господарство промислових підприємств:Справ. Посібник в 2-х книгах/Підред. В.І. Аксенова.- М.: Теплотехнік, 2005 – 640с.;
5. Матвеева О.Л. Аналіз проблем та перспектив використання методів очищення нафтовмісних стічних вод/О.Л. Матвеева, Д.О. Демянко, І.О. Огданська// Інститут екологічної безпеки НАУ, Київ-2011. – с.181-186;
6. Аренс В.Ж., ГРідін О.М. Проблема нафтових розливів і роль сорбентів її рішення// Нафта, газ, бізнес.-2000.-№5. –с.16-20.
7. Каменціков Ф.А., Богомольний Є.І. Нафтові сорбенти.М.-Іжевськ:НІЦ «Регулярна та хаотична динаміка».-2005.-268с.

УДК 37.004.2.502.7

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ

Мадані М.М., канд. техн. наук, доцент, Балакан Ю. В., студ. II курсу ф-ту НГ та Е
Одеський національний технологічний університет

Abstract. The construction of livestock farms, which keep many animals, creates serious environmental problems around them. The paper presents the main problems that arise during the operation of livestock farms. The main measures to avoid these problems and some alternative ways to solve this problem are given. The problem of environmental protection from pollution by manure, sewage of livestock complexes at the present stage is relevant for many countries, including Ukraine.

Охорона природи – система міжнародних, державних і суспільних заходів направлених на раціональне використання, відновлення і охорону природних ресурсів, на захист природного середовища від забруднення і руйнування в інтересах задоволення матеріальних та культурних потреб як існуючих, так і майбутніх поколінь людей.

Спорудження тваринницьких ферм, на яких утримується багато тварин, створює навколо них серйозні екологічні проблеми. Виникають проблеми із споживанням великої кількості води, необхідної тваринам для напування та обслуговування, розміщенням і ефективним функціонуванням основних і допоміжних приміщень, енергетичних установок, транспортної мережі тощо. Такі підприємства через цілий ряд причин не можуть гармонійно існувати в природних екосистемах, які до цього збалансовано розвивалися тисячоліттями, вони обов'язково спричиняють значні негативні зміни середовища.

Оскільки в багатьох країнах побудовано досить багато тваринницьких комплексів й вже повсюдно відомі їх негативні риси, останнім часом вживають різних заходів, щоб зменшити їх вплив на природу. Це перш за все активне використання біологічних методів очищення й утилізації гнійних стоків: біохімічне окислення органічних речовин і знищення патогенних мікроорганізмів активним мулом чи плівкою.

Основними заходами, які попереджують забруднення навколишнього середовища відходами тваринних комплексів, є: дотримання санітарно-захисних зон між тваринними комплексами, очищаючими спорудами, меліоративними об'єктами і населеними пунктами; раціональна утилізація гною; максимальне використання очищених стічних вод у зворотному водопостачанні; вибір найбільш ефективних методів збирання, зберігання, знищення відходів; максимальне використання відходів в якості добрив на сільськогосподарських полях.

Останнім часом безпідстилочний гній худоби використовують для зрошення сільськогосподарських угідь, але, як показав досвід, у деяких випадках слід бути дуже обережним, контролювати якість і хімічний склад зрошувальних вод, бо вони можуть містити збудників інфекцій, отруювати ґрунтові води, річки.

Одним з найефективніших методів утилізації відходів тваринництва є виробництво з них біогазу. Іншим шляхом утилізації гною є одержання з нього білкових речовин і біоперегною. Утилізують гній також за допомогою личинок сіантропічних (домашніх) мух. Свиначий гній після переробки личинками стає дуже цінним органічним добривом, що має нематичидні властивості (вбиває шкідливі нематоди). Переробляють гній також і за допомогою дощових червів.

Зважаючи на те, що науково-технічний прогрес у тваринництві досягається створенням господарств і ферм високо інтенсивного типу на базі поглибленої спеціалізації і концентрації галузі, використанням індустриальних засобів виробництва та посиленням міжгосподарських зв'язків. Варто зауважити, що поряд з цим велика концентрація тварин на обмежених територіях призводить до різкої зміни ветеринарно-санітарного та

епізоотологічного стану в порівнянні з тим, що відбувається при екстенсивній формі ведення господарства.

Тому, проблема охорони навколишнього середовища від забруднення гноєм, стічними водами тваринницьких комплексів промислового типу вже на сучасному етапі являється досить актуальною для багатьох держав світу, в тому числі і України

ОНТУ

УДК 519.6

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ
В УРБООКОСИСТЕМАХ**

**Мадані М.М., канд. техн. наук, доцент, Бугайчук А.Я., студ. II курсу ф-ту НГ та Е
Одеський національний технологічний університет**

Особливостями значної частини населення нашої держави є досить низький рівень профілактики вірусних інфекцій, ментальна відсутність особистих засобів захисту, часто незадовільне харчування, нездоровий спосіб життя, у тому числі і виснажлива праця, стреси тощо. Все це сприяє швидкому поширенню будь-якої інфекції. За таких умов надзвичайно важливо вміти, враховуючи основні параметри захворюваності, сприяти згасанню локальних проявів інфекції та перешкоджанню виникненню епідемії чи пандемії. Тому важливим інструментом сучасної епідеміології, який може допомогти краще зрозуміти фундаментальні механізми поширення інфекційних захворювань, особливо нових, є математичне моделювання [1]. Епідемія – тип поширення захворювання, яке є новим для даної популяції протягом періоду збереження імунної «пам'яті». Термін «епідемія» використовують, коли захворювання охоплює значні регіони. В разі надзвичайно широкого розповсюдження епідемії (кілька країн, чи навіть на кількох континентах) часто вживають термін «пандемія». Епідемія чи пандемія є масовим, прогресуючим у часі й просторі розповсюдженням інфекції серед людей, що значно перевищує звичайно зареєстрований на даній території рівень захворюваності. Ендемія – постійне існування на будь-якій території певного (частіше всього, інфекційного) захворювання. Можливі також проміжні сценарії [2, 3]. Щоб інфекція була ендемічною, у середньому кожна людина, заражена нею, повинна передати її до однієї іншої людини. Як відомо, епідемія, з часом згасає, або досягне стійкого ендемічного стану. Це залежить від цілого ряду факторів, зокрема вірулентності збудника та методу його передачі. Грипу присвоюють властивості епідемії та пандемії, але йому властивий і ендемічний процес.

Урбанізація завжди означає виникнення великих скупчень людей на певним чином обмежених територіях. Навіть архітектура і рельєф місцевості в межах міста відіграють помітну роль у поширенні захворювань, в першу чергу респіраторно-вірусних інфекцій, оскільки найбільш розповсюджений шлях передачі вірусу є повітряно-крапельний. Нами ще вісім років назад було створено математичну модель для прогнозування поширення вірусних інфекцій та оцінки ефективності різних методів впливу залежно від ситуації для запобігання виникненню епідемій [4, 5]. До цього часу грип та гострі респіраторні вірусні інфекції займають перше місце за частотою й кількістю випадків у світі (приблизно 95% всіх інфекційних захворювань) [2]. Раніше грип був головною складовою інфекційної захворюваності і смертності. Зараз ситуація змінюється і пандемія COVID-19 потіснила вже відомі людству. Вона вийшла на перше місце по смертності. Ми здійснили спробу оцінити нинішню ситуацію на основі наших давніх досліджень, виконавши ряд нових. Тим більше, що з'явилася прекрасна можливість здійснити верифікацію нашої моделі завдяки використанню доступної інформації про пандемію COVID-19. Спільним для всіх згаданих вище інфекцій є те, що найбільш розповсюдженим шляхом передачі вірусу є повітряно-крапельний. Можливість інфікування через повітряне середовище зростає в умовах великої щільності населення і скупченості людей. Дрібні частинки аерозолі здатні потрапляти до дихальних шляхів та викликати інфікування. Частинки розміром понад 30 мкм осідають на слизовій носа, гортані та трахеї; розміром 3-10 мкм – потрапляють в бронхіоли; 0,3-1 мкм – можуть досягти альвеол. Репродукція вірусів грипу та ГРЗ відбувається дуже швидко з коротким інкубаційним періодом – 1-2 доби [3]. Для COVID-19 це 5-14 діб, а в деяких

випадках навіть більше. При цьому заразити інших людина починає раніше, ніж починає сама хворіти. Ще одна відмінність – хвороба триває у кілька разів довше.

В основу нашої моделі покладено визначення поведінки і властивостей окремих агентів та їхньої взаємодії між собою з урахуванням можливих змін умов функціонування. На основі цього знаходиться інтегральна характеристика стану модельованої системи. Математична модель розповсюдження респіраторно-вірусної інфекції адекватно відображає основні просторово-часові складові урбоєкосистеми з урахуванням загальних ритмів життя основних соціальних груп суспільства в реальних просторово-часових координатах. Реалізовано рух елементів системи на основі динаміки Ланжевена в середині контактних груп. Вдало підібрані параметри роблять програму універсальною, дозволяють налаштовувати її відповідно до потреб. Перші результати, одержані для невеликих населених пунктів, у порівнянні з літературними даними підтверджують їх адекватність. Модель можна застосовувати для прогнозування ситуації в окремих невеликих населених пунктах з чисельністю населення у кількості чоловік. У напрямку зростання числа жителів жодних обмежень немає. Модель дозволяє враховувати різними способами раптові переміщення інфікованих агентів на великі віддалі – польоти Леві. Показано, що на епідемічні процеси можна ефективно впливати за допомогою найпростіших засобів – спеціальних пов'язок, які знижують імовірність зараження повітряно-крапельним способом. Масове використання таких засобів у передепідемічний період здатне відвернути інфекцію або ж у разі її виникнення істотно знизити число інфікованих.

Література

1. Keeling M. J., Rohani P. Modeling Infectious Diseases in Humans and Animals. – Princeton: Princeton University Press, 2007. – 408 p.
2. Эмонд Р., Роуланд Х., Уэлсби Ф. Инфекционные болезни. Цветной атлас. – М.: Практика, 1998. – 439 с.
3. Люта В.А., Загорова Г.І. Основи мікробіології, вірусології та імунології. – Київ, Здоров'я, 2001. – 280.
4. Заїка С.О. Агентне IV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Хімія, екологія і освіта» ПДАА 2020 74 моделювання циркуляції респіраторних вірусів у міських екосистемах / С.О. Заїка, О.Л. Ляхов, А.Т. Лобурець, Ю.В. Величко // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2013: Восьма міжнародна науково-практична конференція. Тези доповідей. - Чернігів, Черніг. держ. технол. ун.-т, 2013. – 2013. – С. 38-41.

УДК 351:502

ЗМЕНШЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ МЕТОДОМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ГОРІННЯ В КОТЛАХ ІЗ ЦИРКУЛЮЮЧИМ КИПЛЯЧИМ ШАРОМ

Мадані М.М., канд. техн. наук, доцент, Овсецов Д. О., студ. II курсу ф-ту НГ та Е
Одеський національний технологічний університет

Звичайне спалювання палива на електростанціях призводить до викиду газів, що містять краплі рідини та твердих частинок. Ця суміш видаляється з електростанцій контрольованим чином через димові труби.

Вплив ТЕЦ на формування мікроклімату визначається тепловим забрудненням повітряного басейну і водних об'єктів та хімічним забрудненням атмосфери (викиди димових газів). Теплове забруднення впливає на зміну температури атмосферного повітря, швидкості вітру, вологості, атмосферних інверсій тощо.

Способами зменшення шкідливих викидів в атмосферу, крім використання сучасних методів очищення, є технології екологічно чистого спалювання вугілля. Тому питання ефективного спалювання твердого палива є актуальний протягом усього етапу розвитку енергетики. Практично на кожній вугільній електростанції України ведеться пошук різних варіантів вирішення цього непростого завдання.

Комп'ютерне моделювання турбулентного процесу горіння в ЦКШ дозволяє повністю розрахувати температурне поле і забезпечує виключення викидів техногенних компонентів в атмосферу.

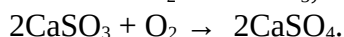
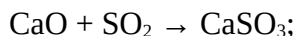
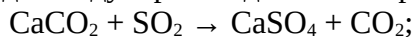
Розглянуті хімічні процеси, що відбуваються в зоні горіння, описуються системою нелінійних диференціальних рівнянь ефективним методом теоретичного дослідження є чисельне моделювання з проведенням обчислювального експерименту.

Обчислювальний експеримент був проведений за допомогою пакета прикладних програм ANSYS Fluent на прикладі реальної енергетичної моделі.

Отримані в результаті розрахунку дані щодо зміни температури за обсягом камери згоряння були зіставлені з експериментальними даними. Встановлено, що при горінні вугілля температура топкових газів знаходиться в межах 900...950 °C. Отримано задовільний їх відповідність, максимальна відносна помилка не перевищила 8 %.

Чисельне комп'ютерне моделювання дозволяє досліджувати процеси, які важко спостерігати під час випробувань, але необхідно знати при проектуванні або реконструкції наявних потужностей. Отримані результати демонструють можливість застосування програмного комплексу ANSYS Fluent для проведення ефективного розрахунку процесу горіння пилувугільного палива в енергетичному котлі.

Спалювання в киплячому шарі забезпечує низький рівень викидів. Одним з основних переваг є ефективне вловлювання діоксиду сірки подачею в шар вапняку:



Сульфід кальцію погано розчиняється у воді (0,136 г/л), в процесі очищення швидко перенасичує розчин і випадає у вигляді дрібних кристалів.

Передбачені технічні рішення і природоохоронні заходи дозволять скоротити валові викиди забруднюючих речовин в атмосферу в цілому на 6370,9 т, що становить 70,6 %. Це дозволить знизити навантаження на повітряний басейн і поліпшити екологічну ситуацію в зоні впливу Одеської ТЕЦ.

РОЗРОБКА БІОТЕХНОЛОГІЇ КОМПОСТУВАННЯ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ

ЩЕРБИНА К.С., КРУСІР Г.В., д.т. н., проф.

Одеський національний технологічний університет
65000, вул. Канатна, 112, Одеса, Україна; osadcakata4@gmail.com

Abstract. Using black soldier fly larvae (BSFL) to upcycle urban solid waste into a growing medium for vegetable cultivation is a potential solution to ease cities' over-reliance on food imports and excessive waste generation. However, rapid composting by BSFL may be insufficient to remove phytotoxins from the waste and further composting may be necessary. Through a growth experiment on pak choi (*Brassica rapa*), this study evaluated the optimum performance of BSFL frass at three composting stages (freshly produced, composted with forced aeration and naturally composted in larval rearing chambers) in biochar-based substrate cultivation. Plants cultivated in the composted BSFL frass treatments grew larger than those in fresh frass, with 10% naturally composted BSFL frass (v/v) producing the most biomass among all treatments.

У зв'язку зі зростанням інтересу до напівфабрикатів і готових до вживання в їжу овочів, безґрунтові середовища для вирощування овочів стали популярними в тепличному і закритому ґрунтознавстві, оскільки використання безґрунтових середовищ зменшує забруднення ґрунту листям і призводить до отримання більш чистих овочів під час збору врожаю та зменшення зусиль при митті.

У порівнянні з гідропонікою, яка використовує виключно поживні розчини, культура субстрату частіше використовується, оскільки вона дешевша. Поширені субстратні матеріали включають пісок, перліт, вермикуліт, легкий керамзит та торф'яний мох. Торф'яний мох широко використовується завдяки його легкій вазі та відносно стабільним фізико-хімічним характеристикам, але він є невідновлюваним ресурсом і з часом розкладається, а тому потребує регулярного поповнення. Видобуток торфу також має великий потенціал глобального потепління через викиди CO₂ та CH₄. Як наслідок, різні матеріали були протестовані з метою замінити або хоча б частково замінити торф'яний мох, такі як перліт, компост та біодизель.

Маючи потенціал для пом'якшення наслідків зміни клімату, біовугілля потенційно може бути стійким замінником торф'яного моху. Біовугілля, що виробляється шляхом піролізу або газифікації органічних відходів, має пористу структуру органічних відходів, яка дозволяє йому утримувати поживні речовини та мінімізувати вимивання поживних речовин. Було також показано, що біовугілля безпосередньо постачає поживні речовини, такі як азот, фосфор і калій, рослинам при використанні в якості кондиціонера ґрунту. Тим не менше, продуктивність біовугілля широко варіюється в залежності від вихідної сировини та умов виробництва, а також додаткове внесення поживних добавок до біопалива може бути необхідним для виробництва сільськогосподарських культур. Сильна позитивна взаємодія між біологічним вугіллям та добривами спостерігалася при підвищенні врожайності редьки, оскільки збільшення врожайності спостерігалася лише тоді, коли і добриво, і біологічне вугілля були внесені в ґрунт. Внесення біовугілля з неорганічними добривами до біомаси також призвело до збільшення мікробної біомаси, гумінових кислот і фолієвої кислоти порівняно зі зразком, який містив тільки неорганічні добрива.

Крім хімічних добрив, компост або біодобрива можуть також застосовуватися разом з біологічним вугіллям для покращення доступності поживних речовин та загальної продуктивності. Компости з органічних відходів, таких як харчові відходи, тверді побутові відходи, гній тварин та садівничі відходи, часто застосовуються до ґрунту або субстратної культури як екологічно стійке джерело поживних речовин. Хоча компостування відбувається природним чином за наявності мікробів, це повільний процес, який може зайняти місяці, якщо його не полегшити аерацією, перевертанням і контролем за умовами навколишнього середовища. Швидке компостування органічних відходів можна досягти за допомогою сапрофагів, таких як black soldier fly, личинки якої (black soldier fly larvae (BSFL)) збагачують органічні матеріали, що розкладаються, поживними речовинами.

УДК 551.468

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗЛИВІВ НАФТИ В МОРІ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Д.т.н. проф. Якуб Л.М.

Кафедра ЕТ та ПЕ, Одеський національний технологічний університет

Запаси сирової нафти і щорічне видобування її розподілені по територіях різних країн нерівномірно, що обумовлює необхідність транспортування її з одних країн в інші. Транспортування половини нафти, що видобувається на світовому шельфі, забезпечується танкерним флотом. Транспортування на танкерах оцінюється в 1,5 млрд. тонн на рік. Неминучим супутником будь-яких танкерних операцій були і продовжують залишатися аварії.

Аерофотозніманням із супутників зафіксовано, що вже майже 30% поверхні океану покрито нафтовою плівкою. Джерел таких надходжень багато — це аварії танкерів і бурових платформ, скидання баластних і очисних вод, принесення забруднюючих компонентів ріками [1,2].

Нафта, що потрапила в океан, розтікається і переміщається по його поверхні, зазнаючи при цьому ряд хімічних і фізичних змін. Цей процес залежить від розподілу випаровування, розсіювання, розчинення, окислення, емульгування, поширення розливої нафти на поверхні моря в залежності від часу перебування плями від декількох годин до року. Нафтовий розлив у морі призводить до забруднення атмосфери, водної товщі, морської поверхні і морського дна, а також берегів. Для окремо взятого метеорологічного сценарію можна розрахувати концентрацію диспергованої або розчиненої нафти в кожен момент часу після розливу. Поле концентрації визначається положенням джерела скидання, тривалістю його дії і інтенсивністю, полем течій в морі і характеристиками турбулентного перемішування в районі поширення нафти. На відміну від плями нафти на поверхні моря область внутрішньомасового забруднення має великі розміри і принципово трьохмірна, однак, внаслідок позитивної плавучості крапель нафти, забруднення в більшості випадків буде сконцентровано в верхньому шарі моря.

Локалізація і ліквідація аварійних розливів нафти і нафтопродуктів передбачає виконання багатофункціонального комплексу задач, реалізацію різних методів і використання технічних засобів. Незалежно від характеру аварійного розливу нафти та нафтопродуктів (ННП) перші заходи по його ліквідації повинні бути направлені на локалізацію плям по запобіганню розповсюдження подальшого забруднення нових ділянок і зменшення площі забруднення. Важливим є обґрунтування сценаріїв поширення нафти використовуючи різні моделі та методи оцінки.

Моделювання поведінки нафтової плями має дати відповідь на питання про те, наскільки планування ліквідації розливів нафти і готовність до дій адекватні наявним загрозам. При підготовці планів ліквідації розливів нафти в морі (ПЛАРН), при аналізі сукупної екологічної вигоди (АСЕВ) в результаті реалізації тих чи інших стратегій реагування, при оцінці впливу на навколишнє середовище (ОВНС) необхідно розглядати безліч сценаріїв поширення нафти в морі, обумовлених мінливістю гідрометеорологічних умов і неможливістю заздалегідь передбачити момент майбутньої аварії [3].

Для аналізу сценаріїв поширення нафти використовуються різні моделі і методи оцінки. Розглянемо особливості формулювань кожної з перерахованих завдань і загальні питання, що виникають при їх вирішенні.

Моделювання має дати відповідь на питання про те, наскільки планування ліквідації розливів нафти і готовність до дій адекватні наявним загрозам. Для АСЕВ при реагуванні на

розливи нафти принциповим є вибір критеріїв і пріоритетів захисту. В рамках АСЕВ здійснюється:

- оцінка загрози вразливим ресурсів, в тому числі особливо охоронюваним природним територіям (ООПТ);
- вибір сценаріїв поширення нафти, що призводять до значних наслідків;
- розрахунок поширення розливів для обраних сценаріїв з урахуванням застосування технічних засобів реагування;
- оцінка впливу розливів на вразливі об'єкти в рамках розглянутих сценаріїв з урахуванням застосування різних стратегій реагування.

Моделювання має дати відповідь на питання про те, які стратегії реагування слід передбачити в ПЛАРН, щоб забезпечити захист ООПТ з мінімальними екологічними втратами. При оцінці впливу на навколишнє середовище (ОВНС) слід звернути увагу на кілька типів забруднення середовища — поверхневе, внутрішньомасові, забруднення берегів і донних відкладень. Плівкове забруднення середовища згодом може перейти в забруднення берега, а внутрішньо водного - в донні відкладення. Оцінка впливу розливів нафти на навколишнє середовище проводиться в два етапи. На першому етапі слід визначити, які ресурси в регіоні інтересу відносяться до вразливих в результаті розливів нафти. На другому — оцінюється ймовірність виникнення високих рівнів забруднення в районах цінних екологічних ресурсів.

У всіх перерахованих вище прикладних задачах (ПЗ) загальним питанням є оцінка зони потенційного впливу від джерел розливів нафти. Розміри цієї зони будуть визначатися процесами поширення і вивітрювання нафти. Для їх оцінки необхідно розрахувати сукупність можливих сценаріїв поширення нафти або нафтопродуктів, використовуючи траєкторні моделі з досить простою параметризацією процесів вивітрювання нафти і взаємодії з берегом. Розрахунки по траєкторним моделям слід проводити до моменту часу, коли товщина нафтової плівки стане досить малою, щоб бути джерелом забруднення, як для водної товщі, так і для узбережжя. Попередні розрахунки сценаріїв поширення нафти дають підстави для аналізу можливих обмежень на реагування при розливах по гідрометеорологічним причинам.

Математичні моделі нафтового розливу, використовувані в ризик-аналізі поширення розливів, повинні по можливості адекватно описувати процеси трансформації нафти в морському середовищі. Але, оскільки мова йде про оцінку ризику та необхідності моделювання десятків і сотень тисяч сценаріїв розливу в різних гідрометеорологічних умовах, моделі повинні бути оптимізовані для підвищення швидкодії.

При підготовці ПЛАРН інформаційна підтримка з боку математичного моделювання зводиться до визначення зони потенційного впливу разом з необхідним комплексом оцінок ймовірності, масштабів і тимчасових факторів поширення аварійного розливу нафти для кожного з варіантів технічної аварії, можливої за результатами аналізу технічного ризику.

Як правило, оцінка геометричних характеристик розливів проводиться для набору швидкостей вітру (w) 0 (безвітряну умови), 3, 5 (слабкі вітру), 7 і 10 м/с (критична швидкість вітру для операцій ЛАРН). На рис.1 наведено для прикладу розрахунок еволюції площі розливу дизельного палива з товщиною більше 10 мкм для декількох значень швидкості вітру [4].

Можна зробити висновок, що зміни частини площі нафтового розливу, всередині якої товщина нафти більше 10 мкм, при збільшенні швидкості вітру від помірного (7 м/с) до сильного (10 м/с). Це пов'язано з видаленням нафти з поверхні моря за рахунок процесів вивітрювання — випаровування і диспергування.

Подібні оцінки носять довідковий характер, так як розраховуються для вітру, яке не змінюється протягом трьох діб, що видається дещо штучним. Проте саме ці оцінки наочно показують, що в залежності від вітрової ситуації розміри розливу нафти, в першу чергу тривалого, можуть змінюватися на порядок і більше. Аналогічні оцінки мають місце при розрахунку розмірів областей всередині області нафтового забруднення. На рис. 2, показано,

що при швидкості вітру 7 м/с «товста» область нафтової плями (товщина понад 100 мкм) спочатку зростає, а потім починає зменшуватися. Більш тонкі частини нафтового слику еволюціонують подібним чином на значно більших часових масштабах [3].

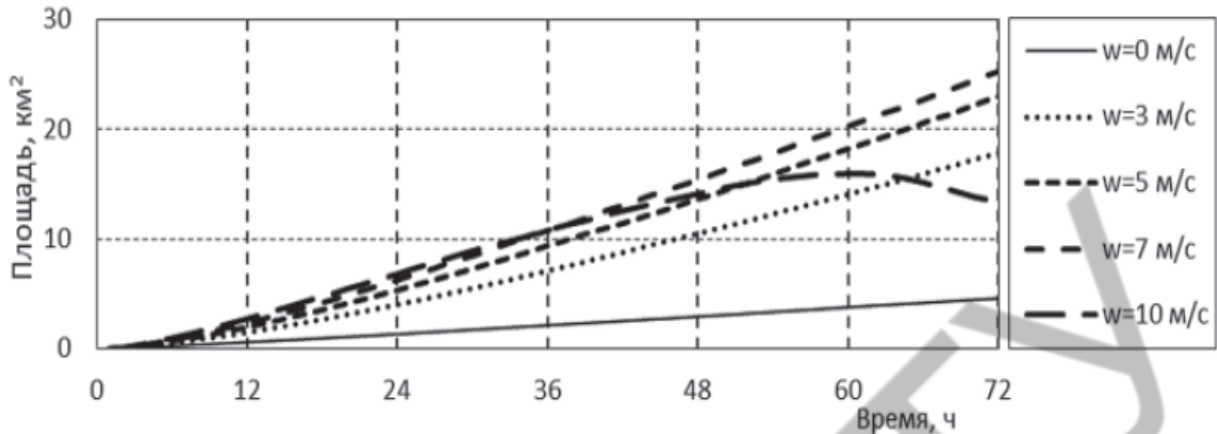


Рис. 1 Еволюція площі нафтового розливу для різних значень швидкості вітру

Крім наведених результатів моделювання розливів нафти інтерес представляють оцінки вивітрювання нафти, в тому числі з урахуванням можливого утворення емульсії, що необхідно для розрахунку ємностей для проміжного зберігання нафти або нафтопродуктів в ході операції ЛАРН.

Аналіз сумарної екологічної вигоди проводиться після визначення зони потенційного впливу для сценаріїв розливів нафти і оцінки загрози екологічної безпеки для об'єктів на акваторії і на узбережжі, аналогічно тому, як це робиться при інформаційному забезпеченні підготовки ПЛАРН.

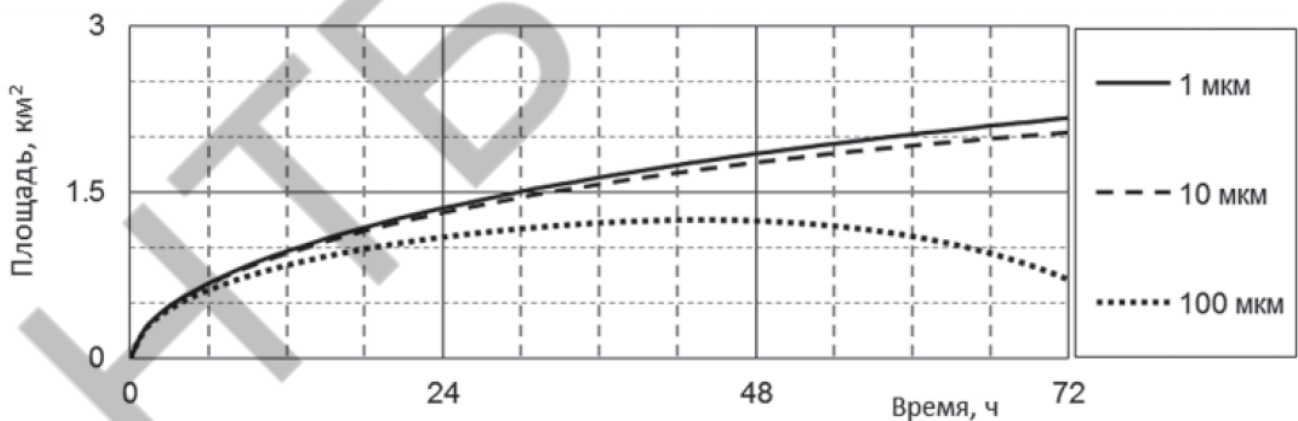


Рис. 2 Еволюція площі нафтового розливу для різних значень товщини при швидкості вітру 7 м/с.

Серед безлічі методик розрахунку зміни радіуса розтікання нафтової плями по поверхні води з урахуванням часу для розрахунків можуть бути обрані методики: Фея [5], Блокера [6] та Букмейстера [7].

Результати розрахунку розливу нафти на водну поверхню для першого етапу, який характеризується дією сил тяжіння і інерції, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 –Результати розрахунку першого етапу

Маса розливої нафти, т	Радіус розливу за моделлю Фея, м	Радіус розливу за моделлю Букмейстера, м	Час, с	Товщина плівки, мм
1	12,66	65,06	114,7	2,182
10	33,05	186,9	247,2	3,203
100	86,28	537	532,5	4,702
500	168,7	1123	910,6	6,148
1500	266,6	1858	1313	7,383
5000	440,4	3226	1962	9,024

Результати розрахунку розливу нафти на водну поверхню для другого етапу, який характеризується гравітаційно-в'язкостними умовами поширення, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Результати розрахунку другого етапу

Маса розливої нафти, т	Радіус розливу за моделлю Фея, м	Радіус розливу за моделлю Букмейстера, м	Час, с	Товщина плівки, мм
1	130,4	68,58	132,01	0,021
10	386,1	237,9	470,13	0,023
100	1175	860,9	1874,7	0,025
500	2589	2152	5185,45	0,026
1500	4453	4043	10439,5	0,026
5000	8087	8096	22811	0,027

Результати розрахунку розливу нафти на водну поверхню для третього етапу, який характеризується дією сил поверхневого натягу, наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Результати розрахунку третього етапу

Маса розливої нафти, т	Радіус розливу за моделлю Фея, м	Радіус розливу за моделлю Букмейстера, м	Час, с
1	134,5	71,82	149,32
10	425,4	275,2	693,06
100	1345	1054	3216,9
500	3008	2696	9406,3
1500	5210	5116	19566
5000	9513	10327	43660

Аналіз розрахунків, які були зроблені раніше, дозволяють зробити висновок, що загалом моделі досить схожі на другому та третьому етапі розливу нафти. При розрахунку радіусу під час першого етапу спостерігається досить велика розбіжність в результатах розрахунків.

Інформаційні джерела

1. Білявський Г. О. Основиекології: підручник / Г. О. Білявський, Р. С. Фурдуй, І. Ю. Костіков. — 2-ге вид. — К. :Либідь, 2005. — 408 с.
2. Кормак Д. Борьба с загрязнением моря нефтью и химическими веществами. М.:

- Транспорт, 1989.- 365 с.
3. Ковальчук П.І. Моделювання і прогнозування стану навколишнього середовища. — К.: Либідь, 2003. — 208 с.
 4. Зацепя С.Н., Дианский Н.А., Журавель В.И., Ивченко А.А., Коротенко К.А., Солбаков В.В., Становой В.В., Фомин В.В. Моделирование разливов нефти в море для планирования мероприятий по обеспечению экологической безопасности при реализации нефтегазовых проектов. Часть 2. Особенности реализации прикладных задач. 2016;(1):5-18.
 5. Fay J.A. Physical processes in the spread of oil on a water surface // Proc. JointConf. Prevention and Control Oil Spills. — Washington, 1971. — P. 463–467.
 6. Тарнопольский А.Г. Моделирование распространения нефтяной пленки по поверхности моря после аварийного разлива // Метеорология, климатология и гидрология: Сб. науч. тр. — Одесса, 2001. — Вып. 43. — С. 197–210.
 7. Buckmaster. Viscous-gravimetric Spreading of an oil slick. // J. Fluid Mech., vol. 59, 1973.

РОЗРОБКА ЗАМКНЕНОЇ ЦИРКУЛЯРНОЇ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ХАРЧОВИМИ ВІДХОДАМИ

Ярмолів Ю.О., Крусір Г.В.

**Одеський національний технологічний університет
65000, вул. Канатна, 112, Одеса, Україна; ulja655@gmail.com**

Людське населення зростає в геометричній прогресії. Очікується, що до 2050 року чисельність населення світу досягне 9,7 мільярдів, причому 68% загального населення будуть мешканцями міст. Такий різкий приріст глобального населення приносить із собою 50% збільшення глобального попиту на продовольство, більша частина якого непропорційно зосереджена в густонаселених міських районах. Крім того, продовольча безпека знаходиться під загрозою через деградацію землі, забруднення, шкідників і патогенів, а також зміну клімату. Постійний прогрес у традиційному сільському господарстві з високими затратами дозволив людству підтримувати виробництво їжі паралельно зі зростанням населення, але це постійне розширення інтенсивного польового виробництва загрожує зміною клімату, деградацією земель, вирубкою лісів, екологічним дисбалансом, посівам і сприяють цьому шкідники та хвороби, а також дефіцит води. Ці факти ставлять під сумнів нашу здатність самостійно харчуватися, рухаючись вперед.

Вбачається, що таке сільське господарство потребує розвитку, оскільки світ змінюється таким чином, що ставить під сумнів здатність звичайних систем сільського господарства задовольнити зростаючий попит на продовольство, нам потрібно захистити продовольчі запаси шляхом доповнення польового землеробства новими та інноваційними методами виробництва продуктів харчування. Однією з таких практик для вирішення проблем, пов'язаних із звичайним сільським господарством і зростанням міського попиту на продовольство, є повне використання переваг сільського господарства з контрольованим середовищем (СГЗКС) у міських районах. Сільське господарство з контрольованим середовищем може приймати різні форми, але, можливо, модель, яка найкраще підходить для вирішення вищезгаданих проблем, — це високоінтенсивне міське (і приміське) сільське господарство. Ці міські системи СГЗКС включають такі сільськогосподарські методи, як теплиці з кліматичним контролем і рослинні фабрики зі штучним освітленням, або більш вертикальні ферми. Хоча через аеробне компостування точне визначення для кожного з цих методів може відрізнитися, основний робочий принцип залишається незмінним — рослинництво з високою інтенсивністю та високою щільністю, де культури вирощуються безґрунтовими методами на кількох рівнях при штучному освітленні в закритому приміщенні з контрольованим середовищем.

Сильна сторона сільського господарства з контрольованим середовищем полягає у вирощуванні сільськогосподарських культур у закритих приміщеннях за оптимізованих і стабільних умовах навколишнього середовища. Сільське господарство з контрольованим середовищем не залежить від погоди та клімату, зазвичай потребує менше загальних ресурсів і має вищу чисту продуктивність порівняно з польовим землеробством. Менше споживання води, цілорічне виробництво, зменшення використання пестицидів/гербіцидів і запобігання стоку хімічних речовин є одними з ключових переваг цих систем перед землеробством на землі. Ці переваги та різноманітні інші екологічні, соціальні та економічні переваги міського СГЗКС зберігають його потенціал у боротьбі з впливом зміни клімату та урбанізації на відсутність продовольчої безпеки в містах.

Системи сільського господарства з контрольованим середовищем зазвичай вважаються більш ефективними, продуктивними та екологічно безпечними порівняно зі звичайними методами ведення сільського господарства. Тим не менш, є ще багато можливостей для вдосконалення, і зараз настав час розширити межі стійкості та ефективності за допомогою технологічних інновацій у цьому сільськогосподарському секторі, що розвивається. Системи сільського господарства в контрольованому середовищі все ще дотримуються лінійної схеми

використання ресурсів, що в кінцевому підсумку обмежує рівень стійкості, якого можна досягти. Більшість ресурсів, які використовуються для виробництва сільськогосподарських культур (енергія, вода, поживні речовини, вуглекислий газ), надходять з інших джерел. Після збору врожаю більшість цих ресурсів втрачається або експортується із системи, або як зібрана продукція, або як неїстівні рослинні залишки. Неїстівні поживні залишки, які можуть становити до 50% культивованої біомаси та представляють значну частину ресурсів, інвестованих під час виробництва, часто захороняються на сміттєзвалищах або іншим чином управляються територіальними громадами та компаніями з утилізації відходів. Втрати води, поживних речовин і енергії в цій лінійній схемі виробництва знижують ефективність використання ресурсів цих систем і знижують норми прибутку. Поживні залишки на сміттєзвалищі розкладаються анаеробно та виробляють потужні парникові гази, такі як метан і оксиди Нітрогену, що сприяє глобальній зміні клімату. Якщо міський СГЗКС має досягти свого повного впливу, тоді це лінійне використання ресурсів має стати більш круговим. СГЗКС має рухатися в напрямку до фермерства із замкнутим або напівзамкнутим циклом.

Хадаві та Газіхані (2018) визначають закриті сільськогосподарські системи як «будь-який тип середовища, в якому рослини культивуються та/або містяться в обмеженому просторі, де вільний обмін масою та/або енергією між внутрішнім і зовнішнім середовищем системи обмежений». Продовольча безпека, цілорічний ринковий попит, якісне виробництво посадкового матеріалу та перспективи колонізації позаземних середовищ сприяли розвитку дозованих сільськогосподарських систем. Діксон Деспом'є (2010), який ввів цей термін і популяризував вертикальне землеробство, уявляв його як екосистему, яка переробляє власні відходи шляхом переробки та перепрофілювання, як це робить природа. Закриті системи сільського господарства зменшують споживання палива, води та утворення відходів, але є багато можливостей для вдосконалення. Впровадження підходу замкнутого циклу може підвищити ефективність використання ресурсів і стійкість міських систем сільського господарства. Бакаліс та ін. (2020) пропонують включити управління відходами та переробку як засіб підвищення стійкості міських систем виробництва їжі. Покладаючись на ресурси, отримані з місцевих відходів, можна зменшити залежність від ресурсів, що базуються на довгому ланцюжку постачання, роблячи міське виробництво продуктів харчування більш стійким і самодостатнім. Сучасні системи СГЗКС представляють помітне покращення порівняно зі звичайним рослинництвом з точки зору замикання циклів, але переваги все ще є доступні для виготовлення. Досягнення повністю замкнутих петель недосяжна в наземних локальних системах у межах рослинницької одиниці через необхідність експорту ресурсів у вигляді продуктів харчування з осередкової системи. Таким чином, мета полягає в тому, щоб збільшити циркулярність використання ресурсів у межах місцевої громади – в межах міського середовища – а не досягти повного локального закриття системи. Підхід циркулярності переробляє «відходи», використовуючи їх в якості ресурсу та зменшує потребу в первинних матеріалах у системі як ресурсах.

Щоб досягти чогось схожого на справжню сталість, необхідно запроваджувати підхід від лінійного до циклічного з використанням сільського господарства з контрольованим середовищем, що включають такі методи, як теплиці з кліматичним контролем і рослинні фабрики зі штучним освітленням, або більш вертикальні ферми з наступним компостуванням рослинних та харчових відходів та використанням отриманого компосту для вирощування сільськогосподарської продукції.

УДК 628.3:543

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД НЕІДЕНТИФІКОВАНИХ НАФТОПРОДУКТІВ

Войницька І.Г. к.б.н, доцент Гаркович О.Л.
Одеський національний технологічний університет

Нафта і нафтопродукти безперервно впливають на біосферу нашої планети у світовому масштабі. Внаслідок недосконалості технологій її видобутку, транспортування та переробки вона є найпоширенішим забруднювачем територій та акваторій у світовому масштабі. Згідно з експертними оцінками, щорічні втрати перевищують 45 млн. тонн, що становить приблизно 2% від її світового видобутку, з них 22 млн. тонн забруднюють сушу [1]. Тому проблема очищення навколишнього середовища від нафтових забруднень є однією з найактуальніших.

Токсичний ефект нафти і нафтопродуктів по відношенню до всіх форм життя відомий давно і пояснюється розрідженням ліпідного шару цитоплазматичної мембрани у присутності нафти. Тому нафта і нафтопродукти повинні розглядатися як один із найбільш небезпечних забруднювачів навколишнього середовища через їх високу токсичність та величезні масштаби потрапляння в біосферу. За ступенем шкідливого впливу нафта, нафтопродукти та нафтовмісні відходи посідають друге місце після радіоактивного забруднення. До 37 % забруднень вод нафтою припадає на побутові та промислові відходи, 27 % – на судна, 12 % – на аварії танкерів та нафтових платформ, але водночас 24% забруднень Світового океану надходить із дна від природних джерел [2].

Стичні води, що утворюються нафтовою промисловістю, включають різні види органічних і неорганічних забруднювачів, наприклад, сульфідів, бензен, фенол, толуол, нафталін, вуглеводні, важкі метали тощо. Величезна кількість шкідливих поліутантів утворюється в результаті діяльності нафтової промисловості, наприклад, в процесі виробництва нафти, нафтопереробки, транспортування, зберігання, які є небезпечними для навколишнього середовища та здоров'я людей. Скидання таких стічних вод без належного очищення може збільшити біологічну потребу в кисні (БПК), хімічну потребу в кисні (ХПК) у воді, зменшити проникнення сонячного світла у воду, утворюючи шар на поверхні води і порушити або взагалі зруйнувати водну екосистему. Очищення нафтовмісних стічних вод має вирішальне значення для зниження їх негативного впливу на довкілля та людей.

Існуючі методи очищення не тільки недостатньо ефективні (ГДК нафтопродуктів для скиду у поверхневі водойми – 0,05 мг/л), але й можуть завдавати додаткової шкоди навколишньому середовищу. Тому необхідність розробки та застосування нових, ефективних та екологічно нешкідливих методів очищення від нафтопродуктів очевидна.

Багато країн встановлюють нормативні обмеження на максимальну концентрацію нафти та нафтопродуктів (НП) в скидах стічних вод у межах 0,05-100 мг/л. Деякі конкретні обмеження для того чи іншого регіону наведені в таблиці 1. [3].

Таблиця 1 – Специфічні для регіону концентрації скидання нафти і нафтопродуктів у стічних водах.

Органи або правила, яких дотримуються	Межі скидання нафти та нафтопродуктів
Конвенція Осло-Париж (OSPAR) в регіоні Північного моря	Верхня межа для моря: 30 мг/л
Паризька конвенція	Верхня межа для моря: 40 мг/л Верхня межа для морських родовищ і родовищ на суші: 5 мг/л
Агентство з охорони навколишнього середовища у Сполучених Штатах	Верхня межа: 72 мг/л

Департамент навколишнього середовища, Закон про якість навколишнього середовища в Малайзії	Межа викиду оливи та жиру: 10 мг/л
Уряд Китаю	Верхня межа: 10 мг/л
Екологічний регламент ОАЕ	Вміст оливи та жиру в промислових стоках: 100 мг/л
Центральне управління забруднення Індії	Допустима межа для олив і жирів: 35 мг/л
Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України	Допустима межа для нафтопродуктів у стічних водах: 0,3 мг/л – господарсько-побутові; 0,05 мг/л – рибогосподарські; 0,05 мг/л – моря

Що стосується їх складу, то вони містять велику кількість, в першу чергу, складних речовин, що представлені у вигляді нафти, восків, жирів, металів, мінералів, вуглеводнів тощо. Характеристика якісного і кількісного вмісту стічних вод залежить від технологічного процесу одержання кінцевого продукту та типу сирової нафти, що використовується. На основі узагальнюючого аналізу літературних джерел ми можемо зробити висновки про усереднений склад нафтовмісних стічних вод (табл. 2) [4, 5].

Таблиця 2. – Усереднений склад нафтовмісних стічних вод.

Склад нафтових стічних вод	Показники	Метали	Показники, мг/л
pH	4,3 – 10	Ca	18 – 132,687
Густина, г/см ³	1014 – 1140	Na	316 – 134,652
Лужність, ммоль/дм ³	6,1 – 200	K	8,6 – 14,649
Загальний органічний вуглець, мг/л	3,4 – 5960	Mg	4 – 18,145
Хімічна потреба в кисні (ХПК), мгО ₂ /дм ³	14 – 1200	Fe	<0,1 – 100
Загальна кількість зважених речовин, мг/л	1,2 – 21,820	Al	310 – 410
Загальна кількість розчинених твердих речовин, мг/л	1000 – 40000	B	5,00 – 95
Розчинений кисень, мг/л	8,2	Ba	0 – 22400
Бензен, толуол фенол, нафталін, мг/л	0,39 – 35	Cd	<0,005 – 0,2
Cl ⁻ , мг/л	80 – 310,561	Cr	0,02 – 1,1
Br ⁻ , мг/л	0 – 12,000	Cu	<0,002 – 1,5
I ⁻ , мг/л	0 – 500	Li	3 – 50,00
HCO ₃ ⁻ , мг/л	1,9 – 7355	Mn	<0,004 – 175
CO ₃ ²⁻ , мг/л	0 – 800	Pb	0,002 – 8,8
SO ₄ ²⁻ , мг/л	0,5 – 7851	Sr	0,02 – 1000
PO ₄ ³⁻ , мг/л	0 – 0,10	Ti	<0,01 – 0,7
SO ₃ ²⁻ , мг/л	~10	Zn	0,01 – 35
NO ₃ ⁻ , мг/л	0 – 3,5	As	<0,005 – 0,3
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,05	Hg	<0,001 – 0,002
NH ₃ – N, мг/л	10 – 300	Ag	<0,001 – 0,15
Вищі кислоти, мг/л	<1 – 63	Be	<0,001 – 0,004
Феноли, мг/л	до 23	Ni	–
Леткі жирні кислоти, мг/л	2 – 4900	Ra (сиря нафта)	0,054 – 32,400
Олива та жир, мг/л	6,9 – 210	U (сиря нафта)	0,008 – 2,7
m-Ксилен, мг/л	0,01 – 54	Th (сиря нафта)	0,008 – 0,027
Загальна полярність	9,7 – 600	Po (сиря нафта)	0,005 – 0,17

Існуючі нині способи локалізації та ліквідації розливів нафти і нафтопродуктів, а також переробки нафтових забруднень, що утворилися як внаслідок аварійних розливів, так і внаслідок надлімітного накопичення відходів та стоків, можна умовно поділити на кілька

груп: механічні методи, термічні методи, хімічні методи, фізико-хімічні методи, біологічні методи, фітомеліоративні методи.

Метод прогресивних процесів окиснення (ППО) [6, 7, 8] є одним із методів, що застосовуються для очищення стічних вод від нафтопродуктів. Основною ППО є використання високореактивних вільних радикалів, що ефективні для видалення органічних хімічних речовин, оскільки вони є реакційноздатними електрофілами. Це потужні окиснювачі для руйнування сполук, які не можуть бути окиснені стандартними окиснювачами або мікроорганізмами. Озон та гідроксильні радикали мають великий електродний потенціал і можуть реагувати майже з усіма типами органічних сполук, що призводить до їх повної мінералізації (CO_2 , неорганічних солей і води) або до їх молекулярної деградації (поліциклічні ароматичні вуглеводні гетероциклічні вуглеводні, асфальтени).

Озон, як потужний окислювач (2,07 В), може руйнувати органічні забруднювачі за допомогою двох механізмів: 1 – пряма атака молекулярного озону; 2 – непряма атака радикалами $\text{OH}\cdot$, що утворюються в процесі розкладання озону. Це пов'язано з тим, що молекули озону безпосередньо реагують із органічними молекулами з використанням 4 реакцій: 1 – реакція окислення-відновлення, типові реакції між O_3 та $\text{HO}\cdot$ (або O^{2-}), переважно протікають через процес перенесення електронів; 2 – озон реагує циклічними сполуками через реакцію циклоприєднання, утворюючи кільцеву озонідну структуру, що призводить до її руйнування та утворення оксигеновмісних аліфатичних речовин; 3 – озон – це електрофільний агент, що атакує нуклеофільні положення органічних речовин і груп в ароматичній молекулі, таких як $-\text{OH}$ -, $-\text{NO}$ - і $-\text{Cl}$, має значний вплив на реакційну здатність самого ароматичного кільця; 4 – озон проявляє нуклеофільні властивості. Нуклеофільна реакція проходить особливо інтенсивно, якщо сполука містить карбонільні, карбоксильні або подвійні та потрійні азотні вуглецеві зв'язки.

Гідроксильні радикали $\text{HO}\cdot$ (1,77 В) атакують органічні компоненти в електрофільному положенні, що призводить до їх деградації. Крім того, реакція з органічними компонентами (ароматичними або ненасиченими), які містять π -зв'язок, призводить до утворення вже органічних радикалів. Тобто відбувається типова розгалужена радикальна реакція.

Нині поширені такі типи методів ППО, які використовуються для очищення стічних вод: гетерогенне фотокаталітичне окислення, процеси озонування (O_3), фотореакція Фентона, додавання перекису водню (H_2O_2), ультрафіолетового опромінення (УФ) та H_2O_2 , додавання $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{УФ}$ та електрохімічне окислення. Згідно з літературними даними, саме комбінація різних видів ППО є більш ефективною в порівнянні з прямим процесом окислення через утворення додаткових вторинних метаболітів і надмірну енергоефективність.

Дослідження показали високу ефективність ППО на основі використання H_2O_2 для деградації та видалення різних сполук з різних типів стічних вод. Було виявлено, що ефективність становить понад 90% для кожної стічної води, яка або використовує лише перекис водню H_2O_2 або додається до ультрафіолетового (УФ) світла.

Пряма дія озону на забруднювачі води є вигідною (ефективність становить понад 90%), завдяки його здатності розкласти високомолекулярні збагачені електронами органічні сполуки. Однак розпад цих великих молекул зазвичай призводить до утворення низькомолекулярних побічних продуктів, які можуть гальмувати весь процес очищення, хоча первинні забруднювачі повністю руйнуються під час одноразового озонування, ступінь мінералізації може бути недостатнім. Це, мабуть, найголовніший недолік використання лише озонування, оскільки ці низькомолекулярні побічні продукти можуть виявляти більш гостру токсичність, ніж первинні забруднювачі.

Одночасне використання перекису водню при озонуванні може сприяти підвищенню ефективності процесу, оскільки реакція O_3 з H_2O_2 призводить до утворення радикалів $\bullet\text{OH}$. Комбінована система окислення $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ забезпечує вищі конверсії, ніж озонування. Крім

того, озон може реагувати з гідроксильними радикалами, викликаючи більше гідропероксид-іонів, які можуть далі реагувати з озоном, тим самим продовжуючи процес. Таким чином, забруднювач, розчинений у воді, схильний до окислення двома одночасними шляхами: прямим шляхом (молекулярна реакція з озоном) або непрямим радикальним шляхом (реакція з гідроксильним радикалом).

Основна перевага потрійної системи $O_3/H_2O_2/УФ$ полягає в тому, що розкладання озону прискорюється за рахунок одночасної присутності перекису водню та УФ-опромінення, що призводить до збільшення швидкості утворення радикалів $\bullet OH$. Крім того, його можна застосовувати в м'яких умовах (а саме, при атмосферному тиску та кімнатній температурі). Однак висока вартість трьох елементів, які складають систему (тобто озону, перекису водню та ультрафіолетового світла) є помітним недоліком, який обмежує більш широке використання цього процесу. Хоча це твердження дещо суперечливе.

Величезна кількість різноманітних досліджень і зростаюча кількість запропонованих технологій і комбінацій процесів створюють величезні труднощі для критичної оцінки ППО щодо їх експлуатаційних витрат (споживання енергії, хімічних речовин), стійкості (використання ресурсів, вуглецевий слід), а також загальну доцільність (наприклад, фізичний слід і утворення побічних продуктів окислення), щоб уможливити порівняння їх ефективності між собою та іншими альтернативними процесами обробки. Щоб вирішити це питання, Болтон і його співробітники розробили показники для порівняння різних видів ППО. Вони базуються на споживанні електроенергії, яке часто становить основну частину операційних витрат. Згідно з цією методикою, дозування окислювача або енергії масштабується з об'ємом і цілями обробки (тобто порядку зменшення забруднення на одиницю об'єму). Показник ефективності з електричним приводом визначається як ЕЕО (ефективна енергія окиснення):

«Ефективна енергія окиснення – це енергія в кВт·год, необхідна для деградації забруднення відомої концентрації на один порядок величини в 1 м^3 забрудненої води». Цей показник був визнаний Міжнародним союзом чистої та прикладної хімії (IUPAC) у 2001 році [9] і з тих пір у літературі повідомлялося про численні значення ЕЕО для різних процесів та технологій очищення.

На основі проведеного аналізу значень ЕЕО процеси прогресивного окиснення були класифіковані на три групи [8]: 1 – ППО з низькими значеннями $EEO \leq 1\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ (УФ, H_2O_2 , O_3 , O_3/H_2O_2 , $O_3/УФ$, $УФ/H_2O_2$, $O_3/H_2O_2/УФ$, $УФ/персульфат$, $УФ/хлор$); 2 – ППО з середніми значеннями ЕЕО в діапазоні $> 1 - 100\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ (фото-Фентон, плазмові та електролітичні); 3 – ППО з високими значеннями $EEO > 100\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$ (фотокаталіз, ультразвук, та мікрохвильові ППО, які вважаються (поки що) енергоефективними (в залежності від країни). У середньому за розрахунками вартість очищення нафтовмісних стічних вод складає від 0,14 до 4,5 \$США за 1 м^3 в залежності від виду СВ, кількості забруднювача та його хімічних характеристик [8, 10].

Отже, комплексне вирішення завдання очищення вод від неідентифікованих вуглеводнів вимагає розробки ефективних методів видалення не тільки НП, що знаходяться у вільному стані (плаваюча плівка, шар, великі краплі), а й тонкодисперсних (емульгованих) та розчинених НП. Наявність у водах стійких мікро- і наноемульсій, часто додатково стабілізованих поверхнево-активними речовинами (ПАВ), суттєво знижує ефективність відомих механічних, флотаційних, коалесцентних, мембранних (ультрафільтрація) та біологічних технологій, а також не дозволяє досягати високих ступенів очищення адсорбційними методами, як через погану сорбцію НП в емульгованому стані, так і в результаті блокування мікро- та мезопор гідрофобними матеріалами, що призводить до різкого зниження адсорбційної ємності сорбентів і, отже, зменшення терміну їх служби та збільшення вартості водоочищення.

Вибір тієї чи іншої технології очищення нафтомісних стічних вод, у будь-якому випадку, повинен проводитися з урахуванням впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей.

На підставі теоретичних досліджень процесів очищення нафтовмісних стічних вод встановлено основні закономірності, що дозволяють визначити технологічні та режимні параметри удосконаленої технології очищення СВ від неідентифікованих вуглеводнів за допомогою системи $O_3/H_2O_2/УФ$. Пропонована нами система очистки є комплексом пристроїв, що призначені для очищення стічних вод від неідентифікованих вуглеводнів, обробки утворюваних при цьому осадів, а також допоміжних об'єктів, необхідних для здійснення, управління і контролю технологічних процесів, створення відповідних умов роботи обслуговуючого персоналу, матеріалами і реагентами. Технологічну схему очищення стічних вод розробляли відповідно до техніко-економічних розрахунків залежно від: складу та властивостей стічних вод, необхідного ступеня очищення стічних вод, продуктивності очисної станції та способу подальшого використання очищеної води. Для проведення експериментів використовувалася система лабораторного масштабу.

Вихідні стічні води аналізували на вміст нафтопродуктів, ХСК, та рН. Результати аналізу: Нафтопродукти – 343 мг/л; ХСК – 468; рН – 8,3. Ефективність $O_3/H_2O_2/УФ$ при найбільшому часі реакції (60 хв) досліджували при різних значеннях рН (6-12). Було доведено, що при рН = 9,0 спостерігалася найвища зміна у відсотках видалення нафтопродуктів (96,7%) і ХПК (94,5%), потім відсотки видалення зменшувалися зі збільшенням рН від 10 до 12. Друга серія експериментів полягала у вивченні часу впливу системи $O_3/H_2O_2/УФ$ на видалення нафтопродуктів та зменшення ХСК у стічних водах у діапазоні 0 – 60 хв. Відсоток видалення нафтопродуктів поступово збільшується з часом витримки від (48,97 % до 66,32 %) через 10-20 хв і збільшується до (82,69 %) за 30 хв. Найвищий видалення відсоток (96,7%) досягнуто на 40 хв. В подальшому видалення відсоток нафтопродуктів більше не змінюється. Така ж поведінка була помічена для відсотка видалення ХСК. Досягнутий відсоток видалення для ХСК становить 94,5% за час 40 хвилин. На виході з реактора стічні води мали такі показники: концентрація нафтопродуктів – 11,32 мг/л, ХСК – 25,74 мг/л. Після цього воду пропускали через кварцовий тонкозернистий необкатаний (0,05–0,1 мм) пісок. Якісні показники води, після фільтрації склали: концентрація нафтопродуктів – 0,046 мг/л, ХСК – 8,63 мг/л.

Список використаних літературних джерел

1. Wang Q., Zhang S., Li Y., Klassen W. Potential Approaches to Improving Biodegradation of Hydrocarbons for Bioremediation of Crude Oil Pollution. *Journal of Environmental Protection*. 2011, N 2. P. 47-55.
2. Alzahrani A., Rajendran P. Petroleum Hydrocarbon and Living Organisms. *Hydrocarbon Pollution and its Effect on the Environment*, edited by Muharrem Ince, Olcay Ince, IntechOpen. 2019. P. 71 – 87
3. Han, M., Zhang, J., Chu, W., Chen, J., Zhou, G. Research Progress and Prospects of Marine Oily Wastewater Treatment: A Review. *Water*. 2019, 11, 65 p.
4. Moore J. Impacts of oil spills on marine ecology. Good practice guidelines for incident management and emergency response personnel. The global oil and gas industry association for environmental and social issues. 2016. 57 p.
5. Wiens J. A. Oil in the Environment. Legacies and Lessons of the Exxon Valdez Oil Spill. Cambridge University Press. 2013. 458 p.
6. Abuhasel K., Kchaou, M., Alquraish M., Munusamy Y., Jeng Y.T. Oily Wastewater Treatment: Overview of Conventional and Modern Methods, Challenges, and Future Opportunities. *Water*. 2021, 13, 980 – 1015
7. Kaplan A., Mamane H., Lester Y., Avisar D. Trace Organic Compound Removal from Wastewater Reverse-Osmosis Concentrate by Advanced Oxidation Processes with $UV/O_3/H_2O_2$. *Materials (Basel)*. 2020, 13, 2785 – 2798.
8. Miklos D., Remy C., Jekel M., Linden Кю, Drewes J., Hubner U. Evaluation of advanced oxidation processes for water and wastewater treatment – A critical review. *Water Research*. 2018, 139, P. 118 – 131

9. Bolton J.R., Bircher K.G., Tumas W., Chadwick A. Figures-of-merit for the technical development and application of advanced oxidation technologies for both electric- and solar-driven systems (IUPAC Technical Report)" Pure and Applied Chemistry. 2001, vol. 73, № 4, pp. 627-637.

10. Boczkaj G., Fernandes A., Makos P. Study of Different Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment from Petroleum Bitumen Production at Basic pH. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2017. 56 (31), p. 8806-8814.

НАНТБ ОНТУ

УДК 615.327.036.8:613.3

ВПЛИВ ЯКОСТІ ВОДИ НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ НАСЕЛЕННЯ

Семенюк Ю.В., д.т.н., проф.

Одеський національний технологічний університет

Семенюк А.Ю.

Міжнародна гуманітарна організація «Проджект ХОУП»

Однією з глобальних проблем сьогодення є забезпечення населення якісною питною водою. За даними ВООЗ, більш ніж два мільярди людей у світі мають хронічні захворювання, пов'язані з уживанням води несприятливого сольового складу [1].

Високий рівень техногенного навантаження на водойми, використання недосконалих технологій водопідготовки та вторинне забруднення води в розподільчих мережах призводить до потрапляння в питну воду значної кількості неорганічних і органічних забруднюючих речовин, спільна дія яких на організм людини викликає відомий в хімії та біології ефект синергізму, що несе реальну загрозу здоров'ю.

Державні санітарні правила та норми (ДСанПіН 2.2.4-171-10) передбачають контроль якості питної води за сімдесятьма шістьма показниками, до яких належать загальна мінералізація, загальна жорсткість, загальна лужність, вміст йоду, калію, кальцію, магнію, натрію та фтору дів та інш.

Сьогодні в усьому світі зростає увага до проблем нормування мінерального складу питних вод та прогнозування їх впливу на здоров'я населення. Поряд з тим поглиблене вивчення проблеми засвідчило відсутність системних еколого-гігієнічних досліджень причинно-наслідкових зв'язків між якістю питної води та захворюваністю населення.

Мета цієї роботи полягала в оцінці впливу чинників антропогенного забруднення джерел господарсько-питного водопостачання на захворюваність населення.

Предмет дослідження - патогенний вплив антропогенного забруднення об'єктів господарсько-питного водопостачання на здоров'я населення м. Одеса та Одеської області.

Об'єктами дослідження були: комплексні показники забруднення питної води; комплексні показники захворюваності; зв'язок складових забруднення питної води із захворюваністю.

Аналіз якості води за даними, зокрема, Всеукраїнського водного товариства WaterNet [2], свідчить, що в розрізі районів Одеської області спостерігається великий діапазон коливань сольового складу. При цьому в більшості районів мінеральний склад питних вод є несприятливим для здоров'я як з причини фізіологічно неадекватного катіонного складу, так і через високий вміст нітратів [2], [3], [4] (див. рис. 1).

У зв'язку з широким забрудненням джерел води загострилася проблема водопостачання населення у сільській місцевості. Централізованим водопостачанням забезпечено лише четверту частину сіл області. Решта сільського населення споживає воду з колодязів та індивідуальних свердловин, які у переважній більшості також знаходяться у незадовільному стані, про це свідчить велика частка нестандартних проб води.

Зростаюче забруднення ґрунтових вод, які без очищення споживає більшість сільського населення, призводить до погіршення стану здоров'я мешканців сільських районів.

На відміну від питної води зі свердловин та колодязів, яку переважно вживають мешканці районів області, стан водопровідної води, що постачається більшості мешканців Одеси, задовільний.

Вбачається, що цим можна пояснити перевищення кількості захворювань у сільській місцевості порівняно з містом [5] (див. рис. 2). В цілому по Україні ця тенденція зберігається.

Отримані результати свідчать, що значна частина мешканців Одеської області вживає недоброякісну за хімічним складом воду.

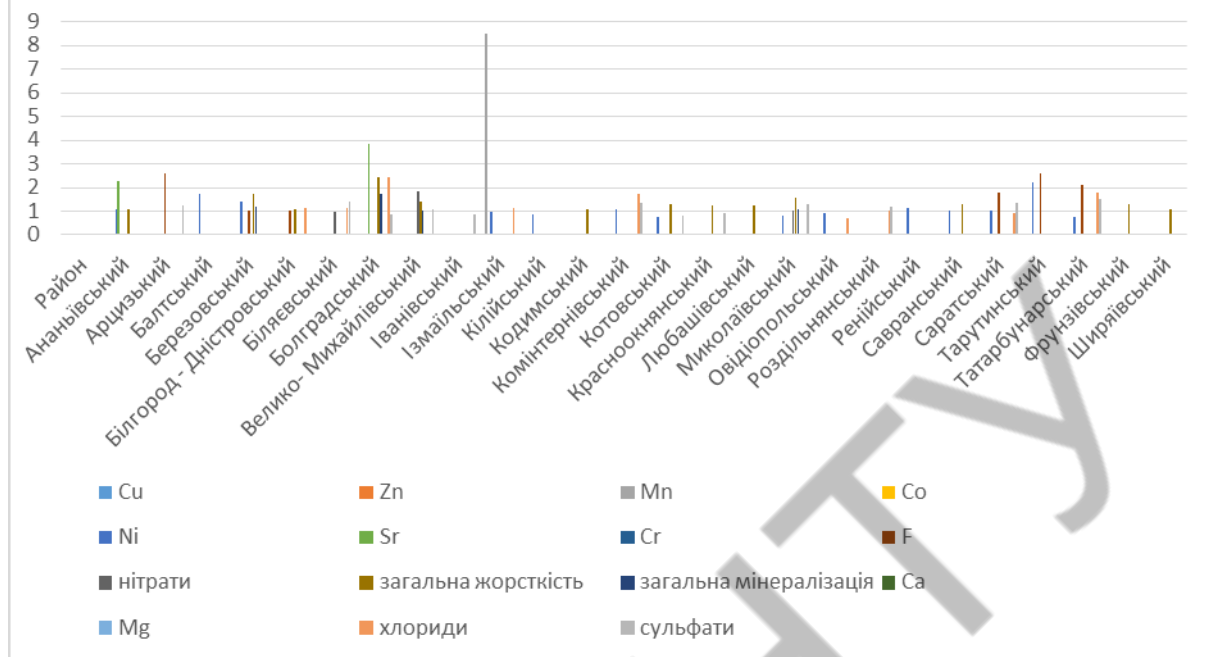


Рис.1 – Склад питних вод у районах Одеської області, мг/дм³
(обробка статистичних даних [2], [3], [4])

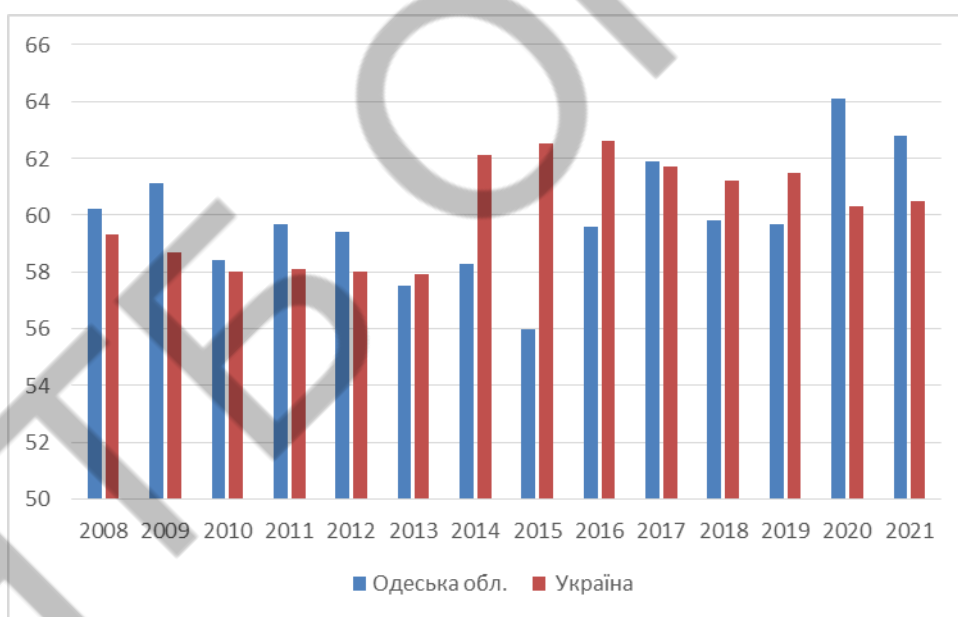


Рис. 2 – Перевищення кількості захворювань у сільській місцевості порівняно з містом
(обробка статистичних даних [5])

Найбільш залежні від гідрохімічного складу питної води ендемічні хвороби, патологія серцево-судинної системи (ССС), кровообігу та шлунково-кишкового тракту (ШКТ). Вивчення впливу мінерального складу та жорсткості питної води на захворюваність населення зловиякими новоутвореннями показало, що загальна жорсткість питної води при вмісті кальцію (46,3...144,4) мг/дм³ і магнію (43,1...131,1) мг/дм³ впливає на поширення зловияких новоутворень [1], а за розрахунками автора співвідношення Ca та Mg в питних водах корелюється із захворюваннями системи кровообігу.

Слід зазначити, що при оцінці впливу мінерального складу питних вод на стан здоров'я необхідно мати на увазі, що цей вплив є фактором малої інтенсивності, який реалізується тільки за умови тривалості й ніколи не буває ізольованим.

Розраховані в роботі індекси несприятливості питних вод Одеської області за санітарно-хімічними показниками (див. табл. 1), свідчать, що найбільш катастрофічна ситуація склалася у південних та південно-західних районах Одеської області (наведено назви районів до липня 2020 р.), а також на межі з Миколаївською областю (див. рис. 3).

Таблиця 1 – Індекси несприятливості питних вод Одеської області за санітарно-хімічними показниками (за автором)

Район	Індекс	Район	Індекс
Болградський	18,35	Велико- Михайлівський	8,81
Ізмаїльський	15,93	Котовський	8,18
Миколаївський	11,34	Роздільнянський	8,03
Татарбунарський	11,17	Балтський	7,97
Комінтернівський	10,81	Ренійський	7,85
Арцизький	10,00	Кодимський	7,74
Білгород - Дністровський	9,90	Овідіопольський	7,61
Березовський	9,89	Красноокнянський	7,36
Саратський	9,77	Фрунзівський	7,29
Біляївський	9,75	Іванівський	6,61
Савранський	9,37	Любашівський	6,30
Ананьївський	9,31	Ширяївський	5,72
Тарутинський	9,23	Кілійський	4,98

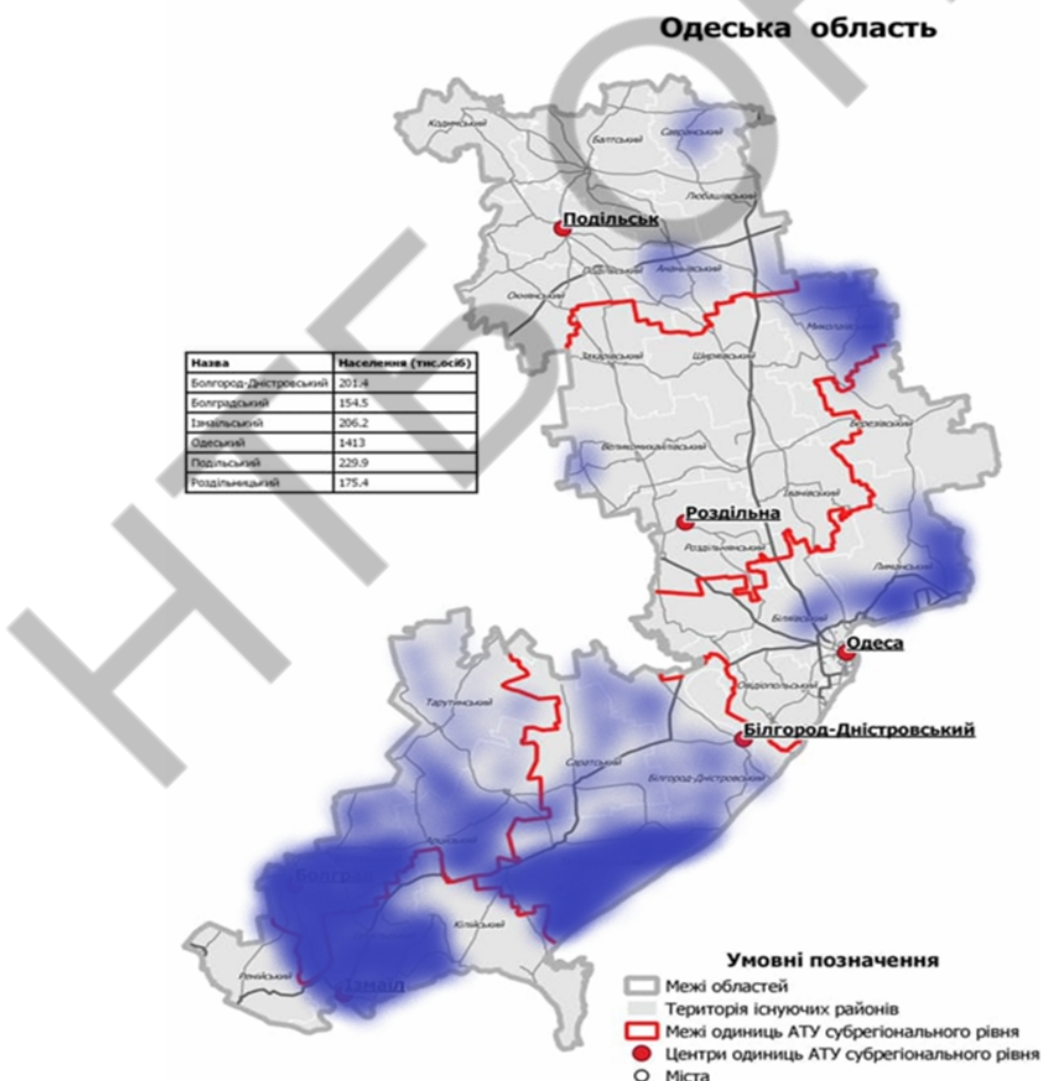


Рис. 3 – Стан питної води у районах Одеської області

Забруднення питної води хімічними речовинами при постійному її вживанні зумовлює розвиток патологічних станів організму. За даними дослідників [1], нітрати у воді в 1,5 рази більш токсичні за нітрати, що містяться в овочах. Підвищений вміст нітратів у воді викликає токсичний ціаноз. Всмоктування нітратів призводить до підвищеного рівня метгемоглобіна в крові. Свинець акумулюється в кістках. Пошкоджує нервову систему, нирки, призводить до раннього атеросклерозу, порушення еритропоезу. Дитячим організмом свинець засвоюється в 3-4 рази активніше, ніж дорослим. Підвищений вміст марганцю негативно впливає на вищу нервову систему, систему кровообігу, на функцію підшлункової залози, провокує хвороби ендокринної системи, підвищує ймовірність онкологічних захворювань. Хлор та побічні продукти потрапляють у воду в процесі хлорування. Високий рівень побічних продуктів хлорування пов'язаний з ризиком виникнення онкологічної захворюваності у населення [6].

Отримані результати дозволяють стверджувати, що в сучасних соціально-гігієнічних умовах значна частина населення Одеської області знаходиться в зоні ризику розвитку багатьох хвороб внаслідок вживання недоброякісної питної води (див. рис. 4-7).

Така закономірність у формуванні захворюваності населення онкологічною та іншою патологією, можливо, пов'язана з більш широким використанням мінеральних добрив та агрохімікатів, що призводить до забруднення ґрунтових вод та вживанням населенням сільських районів питної води з недоброякісних джерел – колодязів та індивідуальних свердловин.

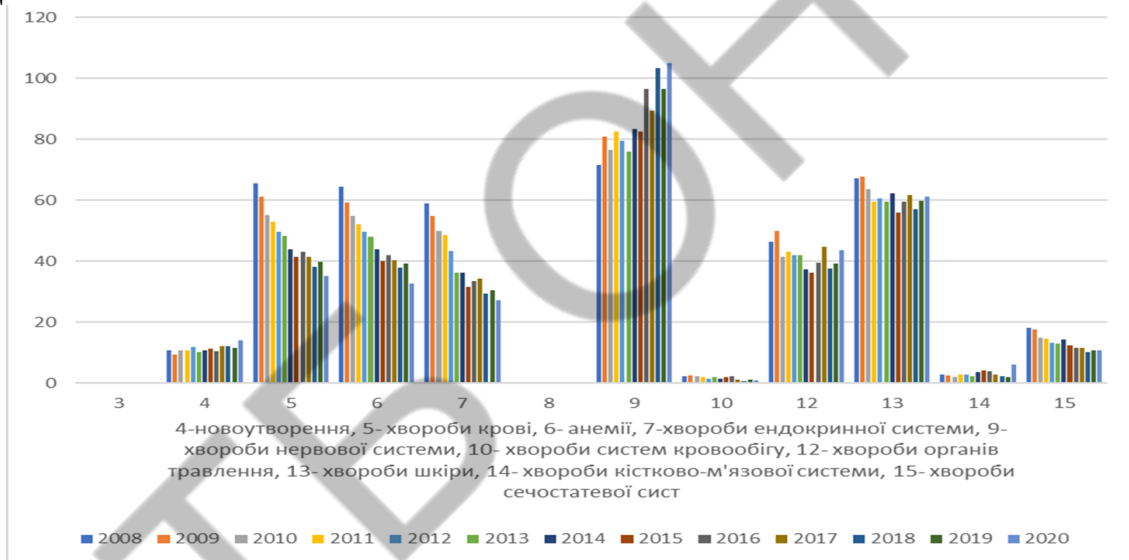


Рис. 4 - Динаміка первинної захворюваності дітей до 1 року у період з 2008 по 2020 роки по Одеській області (аналіз статистичних даних [5])

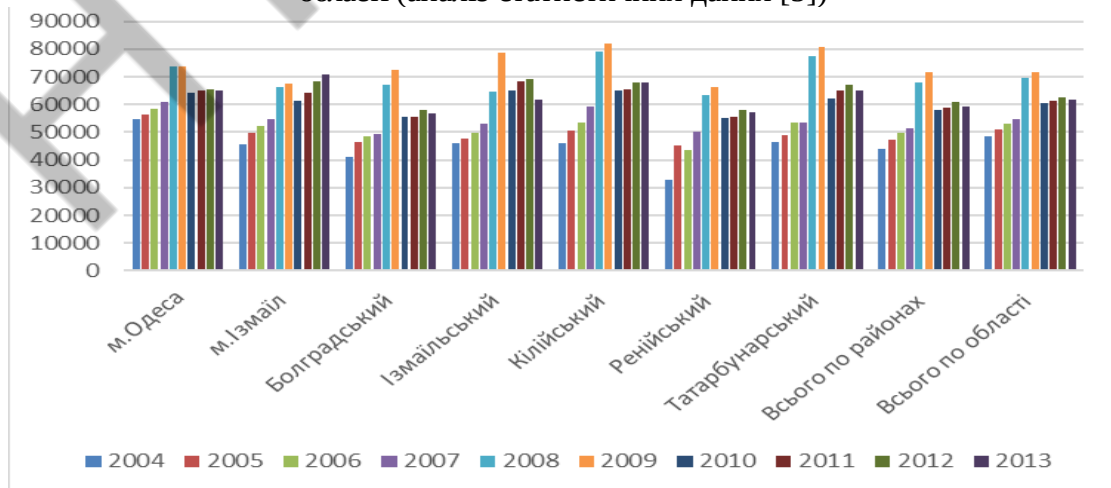


Рис. 5 - Захворюваність хворобами системи кровообігу по Одеській області на 100 тис. наявного населення (аналіз статистичних даних [5])

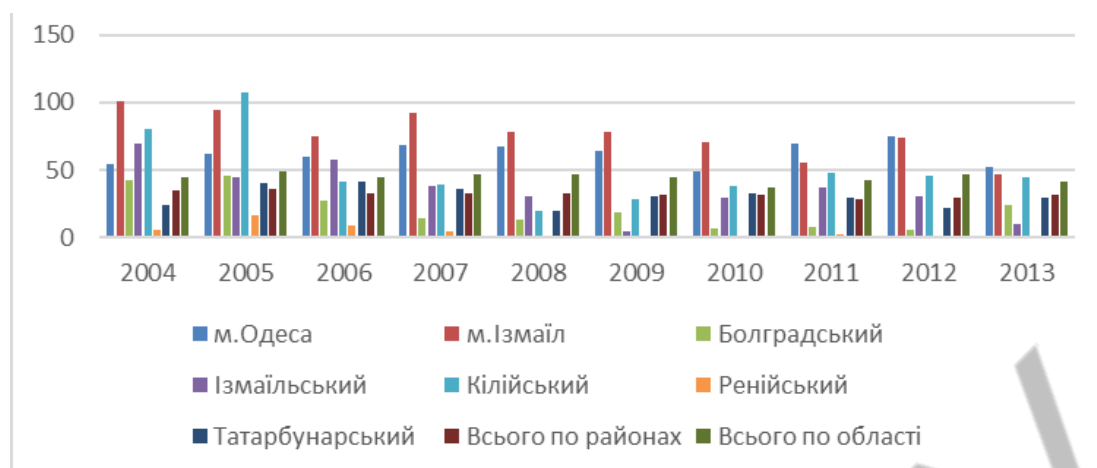


Рис. 6 - Захворюваність хворобами ШКТ дітей першого року життя по Одеській області на 1 000 відповідного населення (аналіз статистичних даних [5])

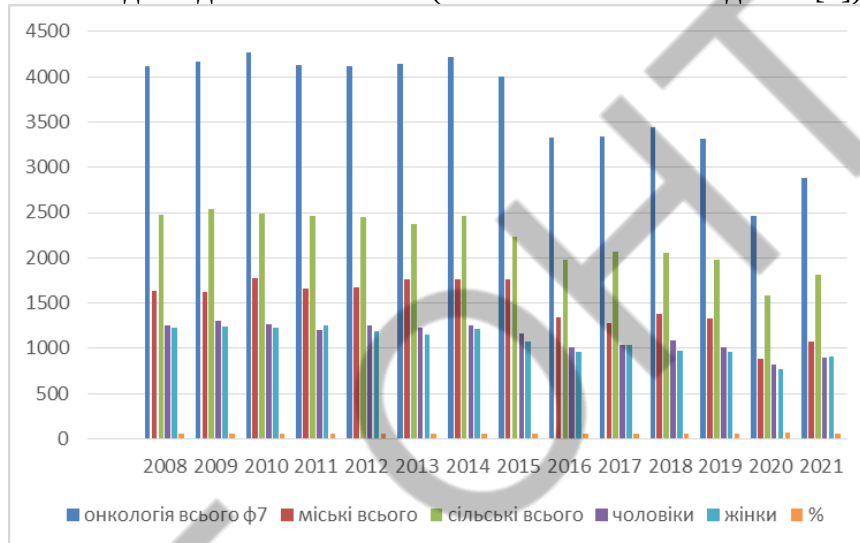


Рис. 7 - Динаміка онкологічних захворювань дорослого населення Одеської області (аналіз статистичних даних [5])

Як показують результати обробки статистичних даних, у багатьох випадках немає підстав стверджувати про вплив тих чи інших чинників на певні захворювання. Але деякі тісні кореляційні зв'язки між захворюваністю населення та показниками якості питної води простежуються. Узагальнену інформацію про отримані відповідні коефіцієнти кореляції наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Коефіцієнти кореляції між захворюваністю на деякі нозологічні форми та санітарно хімічними показниками питних вод (за автором)

Показники	ССС	СВС	ШКТ	Система кровообігу	Карієс
загальний індекс	-0,47	0,03	-0,01	-0,55	0,3
фтор	0,83	0,93	0,76	0,27	0,92
нітрати	-0,07	0,09	-0,42	0,1	-0,17
загальна жорсткість	-0,84	-0,98	-0,53	-0,66	-0,54
загальна мінералізація	0,9	0,75	0,55	-0,23	0,78
кальцій	-0,91	-0,97	-0,59	-0,71	-0,64
магній	-0,89	-0,97	-0,49	-0,9	-0,53
співвідношення Са/Mg	-0,92	-0,76	-0,52	0,49	-0,3
хлориди	0,22	0,74	0,95	-0,36	0,08
сульфати	0,85	0,88	0,73	0,03	0,43

Висновки

1. Населення Одеської області використовує питну воду із значною кількістю сульфатів та хлоридів при перевищенні гігієнічного регламенту в 3,9 і 1,6 рази, відповідно.

2. Питні води в окремих районах області відрізняються високою загальною жорсткістю та високою загальною мінералізацією при перевищенні гігієнічного регламенту в 4,4 і 3,5 рази, відповідно.

3. Середньорічні концентрації хрому та фтору у питній воді знаходяться біля верхньої межі допустимого рівня або перевищують його. У Комінтернівському та Велико-Михайлівському районах вміст фтору у воді значно нижчий граничного рівня.

У Біляївському, Савранському, Кодимському та Кілійському районах вміст у питній воді фтору та стронцію низький, що за умов також низьких жорсткості і загальної мінералізації питних вод призводить до поширеності карієсу серед дітей.

В Ізмайльському районі значне перевищення вмісту Mn у питній воді з великою вірогідністю може бути причиною значної захворюваності дітей першого року життя хворобами нервової системи, ШКТ та хворобами системи кровообігу населення в цілому.

4. До числа зон підвищеного екологічного ризику в Одеській області належать північні та південно-західні райони. Основними чинниками ризику для здоров'я населення в них є несприятливий сольовий та санітарно-гігієнічний склад питних вод.

Література

1. Мокієнко А.В. Мінеральний склад питних та мінеральних вод як фактор впливу на здоров'я населення (огляд літератури) // Water: Hygiene and ecology. № 1-2(3), 2015. С. 50-60.

2. <https://waternet.ua/>

3. Засипка Л.Г., Ворохта Ю.М., Бабієнко В.В., Степанова Л.В. Стан здоров'я населення в зонах інтенсивного сільськогосподарського виробництва. Профілактична медицина, 2009. № 11. Том XVI/1. С. 91-96.

4. Фтор в природних водах Одещини: медико-географічний аналіз / В. Тригуб // Вісник Львів. ун-ту. Серія географ. – 2017. - Вип.51. – С. 346– 357.

5. Державний заклад "Центр медичної статистики Міністерства охорони здоров'я" України. Центр медстатистики - Процентр (medstat.gov.ua) <http://medstat.gov.ua/ukr/about.html>

6. Мокиенко А.В. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Т. 1. Хлор и его соединения / А.В. Мокиенко, Н.Ф.Петренко, А.И. Гоженко // Одесса : ТЭС, 2011. – 484 с.

УДК 577.4:613

АНАЛІЗ СТАНУ ҐРУНТІВ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ

Семенюк Ю.В., д.т.н., проф.
Одеський національний технологічний університет
Соколов О.О.
Головне управління Держгеокадастру в Одеській області
Семенюк А.Ю.
Міжнародна гуманітарна організація «Проджект ХОУП»

Ґрунт є одним з найважливіших елементів біосфери та екологічної системи, який визначає умови проживання та має значний вплив на здоров'я.

Ґрунти впливають на якість повітря та стан поверхневих вод через взаємодію з атмосферою та гідросферою і виконує значну кількість екологічних функцій, які забезпечують стабільність як окремих біоценозів, так і біосфери в цілому. Це кількісно обмежений непоновлюваний ресурс, який в разі втрати або деградації неможливо поновити в термін, порівняний з тривалістю людського життя.

Від хімічного складу ґрунтів певною мірою залежить здоров'я людини. Адже нестача або надлишок у ґрунті елементів, важливих для обміну речовин в організмі, може призвести до тих чи інших захворювань.

Здатність токсикантів переміщуватися по трофічних ланцюгах і акумулюватися в живих організмах може суттєво впливати на показники захворюваності населення в екокризових регіонах.

Оскільки очищення ґрунтів є дуже тривалим, а іноді й неможливим, можна спрогнозувати вірогідність того чи іншого захворювання, особливо якщо на певній території проживає поспіль декілька поколінь.

Останнім часом відзначається тенденція до погіршення стану здоров'я дитячого населення України. Особливе занепокоєння викликають високі рівні та постійне підвищення захворюваності хворобами тих класів, які етіопатогенетично можуть бути пов'язані з чинниками довкілля [1, 2]. Підвищена небезпека здоров'ю дітей через забруднення екосистем зумовлена:

- віковими закономірностями зростання та розвитку, існуванням критичних періодів розвитку нервової, імунної, репродуктивної систем і метаболізму, коли чутливість організму до їх дії значно підвищується;
- полегшеністю адсорбції хімічних речовин і менш ефективною біотрансформацією екотоксикантів в наслідок незрілості ряду ферментних систем детоксикації та процесів обміну ;
- значною акумуляцією токсикантів у тілі через обмеженості функціональних можливостей печінки і нирок, спрямованих на видалення ксенобіотиків;
- високою чутливістю організму дітей до поллютантів.

Метою роботи було визначено оцінювання: інтенсивності впливу стану ґрунтів на захворюваність населення, особливо вагітних, дітей першого року життя, підлітків та на онкозахворюваність дорослого населення у розрізі міст та сільських районів; характеристик екокризовості областей України за показниками здоров'я населення.

Для досягнення поставленої мети було поставлено та виконано такі завдання:

- аналіз та узагальнення наукової інформації щодо оцінювання показників та динаміки стану ґрунтів і його впливу на захворюваність населення, а також підходів до оцінювання динаміки рівня захворюваності населення;
- аналіз комплексних показників співвідношення антропогенного навантаження та стану здоров'я вагітних, захворюваності дітей першого року життя, підлітків та показників

онкозахворюваності дорослого населення України в цілому та Одеської області за даними медичної статистики по населенню міст та сільськогосподарських районів;

- аналіз просторово-часової структури й динаміки комплексних показників захворюваності дітей першого року життя, підлітків та онкозахворювань дорослого населення у розрізі областей України;

- розробка алгоритму оцінювання та порівняння комплексних показників екокризовості областей України на основі аналізу параметрів регресійних моделей.

У доповіді наводяться результати власного дослідження рівня захворювання населення у розрізі окремих нозологій у залежності від території проживання. Основними джерелами інформації про захворюваність населення було обрано [3], [4].

Наявна негативна динаміка у стані здоров'я вагітних і дітей до 1-го року та підлітків, поширеність хвороб органів дихання, травлення, кістково-м'язової системи та сполучної тканини, ока та придаткового апарату, ендокринної системи, розладів харчування та порушень обміну речовин, хвороб нервової системи, стрімкий приріст новоутворень, уроджених вад розвитку, хвороб системи кровообігу та кровотворних органів потребує посилення уваги до розробки цілеспрямованих програм діагностики та профілактики найпоширеніших захворювань (див. рис. 1, 2).



Рис. 1 - Динаміка первинної захворюваності дітей до 1-го року у період з 2008 по 2020 роки

Інформативним показником з погляду впливу середовища на здоров'я потомства є показник дитячої смертності (смертності дітей до одного року). Нажаль, Україна посідає одне з найперших місць в Європі за показником смертності серед немовлят [4].

Таким чином, існує нагальна потреба в контролі антропогенного навантаження на ґрунт та його компоненти. Але реалізація ефективної природоохоронної стратегії затримується через відсутність відповідної методичної бази, відсутність надійної системи комплексного підходу до характеристики стану ґрунтів та відстеження й прогнозування його впливу на здоров'я населення конкретного регіону.

У багатьох дослідженнях вказується, що концентрація важких металів у ґрунтах є вищою у промислових зонах, ніж у сільських місцевостях, що зумовлюється особливостями ландшафту, забудови та транспортних рішень.

Наприклад, територія міста Одеса за ландшафтно-геохімічним районуванням умовно розділена на Пересип, північну, центральну і південно-західну частини. Середній вміст Pb, Zn, Mo, Cr у всіх зонах перевищує припустиме, причому вміст Pb - у 3 рази. Особливо високим є забруднення ґрунтів Sr у промисловій зоні Одеси [5].

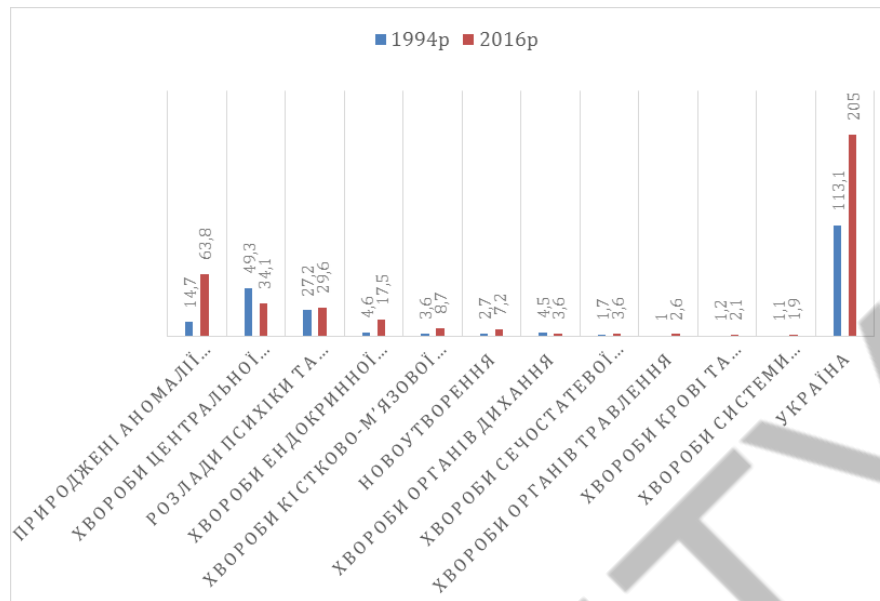


Рис. 2 - Показники інвалідності дітей з 1994 по 2016 рік від 0 до 17 років (на 10 тис. дітей) у розрізі класів хвороб з убуванням показника за даними 2016 року (за даними Центру медичної статистики МОЗ України)

Втім, реєструються більш високі темпи зростання захворювань населення по значній частині нозологічних форм у сільськогосподарських районах Одеської області, де впроваджені інтенсивні сільськогосподарські технології. Це стосується як загальносоматичної, так і специфічної патології. Така закономірність у формуванні захворюваності населення, можливо, пов'язана з більш широким використанням мінеральних добрив та агрохімікатів.

Стан загального здоров'я населення, безумовно, залежить від рівня захворюваності та хронізації хвороб у дитячому віці. Більшість чинників в Україні мають хронічний вплив на здоров'я населення.

Стан здоров'я населення кожного району, регіону чи держави можна дослідити за допомогою розрахунку рангових місць за класами хвороб у розрізі областей України. На рис. 3 і 4 наведено результати дослідження щодо розподілу областей України за ранговими місцями областей та міст по захворюваності.

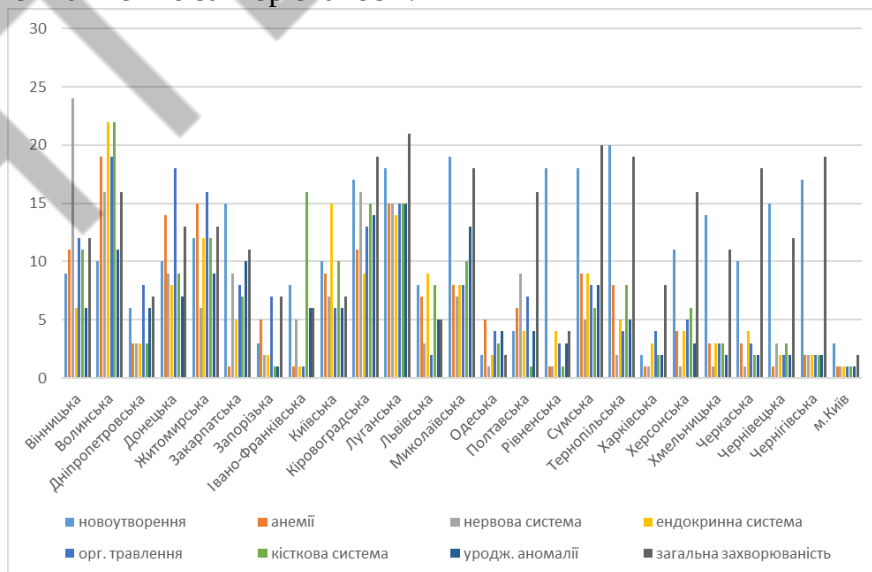


Рис. 3 - Рангові місця областей та міст по захворюваності за класами хвороб дітей першого року життя у 2021 році (що нижче місце, то вищою є напруженість по захворюваності)

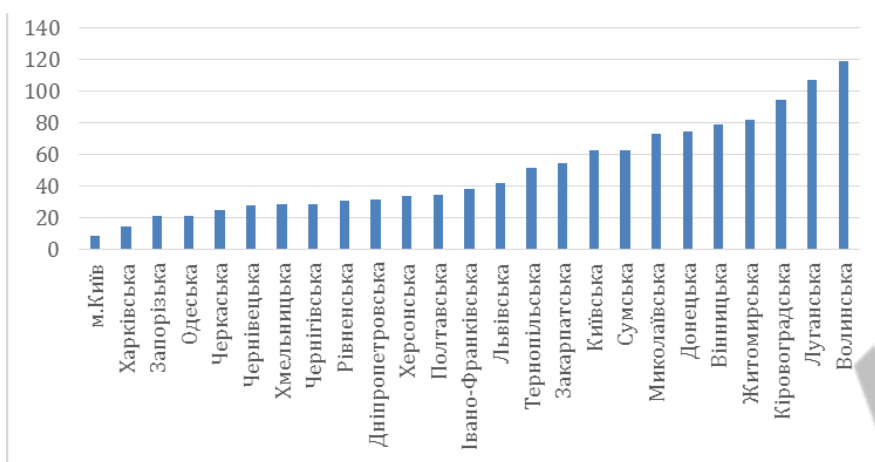


Рис. 4 - Розподіл областей України за сумою рангових місць у 2021 році (що нижче місце, то вищою є напруженість по захворюваностях)

Зараз вже є, а в подальшому набуватимуть надзвичайного значення проблеми, пов'язані із забрудненням та деградацією ґрунтів через наслідки війни. В місцях потрапляння ракет відзначають забруднення нафтопродуктами та важкими металами, а також фіксується знищення органічних сполук–добив. Найімовірніше, вирощувати сільськогосподарську продукцію в такому ґрунті потім ще довго не буде можливості.

На сьогодні, за даними ООН, Україна є однією з найбільш замінованих країн у світі. Розмінування території або детонація мін теж призводитиме до забруднення важкими металами ґрунтів і ґрунтових вод.

Забруднення важкими металами внаслідок бойових дій додається до й так надзвичайно високого (через діяльність промислових і видобувних підприємств та розгалуженої мережі автомобільних доріг) рівня таких хімічних елементів, як свинець, цинк, мідь, нікель, кадмій, ртуть, хром, кобальт та інш. Високі концентрації важких металів вже зараз виявлені у ґрунтах урбанізованих територій майже всієї центральної та південно-східної України.

Ще один наслідок війни - ерозія ґрунтів, яку спричиняють не лише вибухи боєприпасів, а й прямі пошкодження ґрунтового покриву важкою технікою, а також вириті фортифікаційні споруди та окопи різних типів. Враховуючи, що більшість воєнних дій відбуваються в зоні поширення найродючіших ґрунтів України і Європи, вплив забруднення й ерозії на сільське господарство буде дуже значим.

Остаточні масштаби впливу військових дій і замінування на сільськогосподарські землі та землі іншого призначення поки не можна встановити.

Найімовірніше, частину земель доведеться законсервувати до остаточного вирішення питання їх знезараження.

Література

1. Антипкин Ю.Г. Научные и практические проблемы сохранения здоровья детей Украины/Ю.Г. Антипкин // Врачебная практика. – 2007. №1. – С.7 – 11.
2. Бердник О.В. Основные закономерности формирования здоровья детского населения, что проживают в регионах с разной экологической ситуацией: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня док. мед. наук.: спец.14.02.01 «Гігієна» / О. В. Бердник – К., 2003. – 35 с.
3. Державний заклад "Центр медичної статистики Міністерства охорони здоров'я" України. Центр медстатистики - Про центр (medstat.gov.ua) <http://medstat.gov.ua/ukr/about.html>.
4. Моніторинг стану здоров'я матері і дитини: аналітично-статистичний довідник впродовж 2019 р. Запоріжжя: МОЗ України, 2019. 41 с.
5. Засыпка Л.И. Характер и особенности загрязнения почвы г. Одессы. Утилизация отходов, организация и контроль полигонов. Одесса: ОЦНТЭИ, 1999. С. 211-213.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1: АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ

ЕНЕРГОМОНІТОРИНГ СТРУКТУРИ ТЕХНОЛОГІЙ ТІСТОПРИГОТУВАННЯ Янаков В.П.....	4
ДОБОВІ ТЕПЛОАКУМУЛЯТОРИ НА ОСНОВІ ТЕПЛОТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ Дем'яненко Ю.І.....	8
РОЗРОБКА АБСОРБЦІЙНИХ ВОДОАМІАЧНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ДЛЯ РОБОТИ В СИСТЕМАХ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ Тітлов О.С., Осадчук Є.О., Нікітін Д.М.....	11
РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ МОРСЬКИХ І РІЧКОВИХ СУДЕН НА БАЗІ АВХА З ВТОРИННИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ Тітлов О.С., Адамбаєв Д.Б., Нікітін Д.М.....	16
ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ Тітлов О.С., Біленко Н.О., Нікітін Д.М.....	21
РОЗРОБКА СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ДЛЯ ПЕРВИННОЇ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ДРІБНОНАСІННЄВИХ КУЛЬТУР Тітлов О.С., Петушенко С.М.....	25
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕРМОАКУМУЛЮВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ НАНОФЛЮІДІВ Железний В.П., Хлієва О.Я., Семенюк Ю.В.....	30
КОМПОЗИЦІЙНІ ТЕРМОАКУМУЛЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ТЕХНІЧНОГО ПАРАФІНУ ТА СТЕАРИНОВОЇ КИСЛОТИ Железний В.П., Хлієва О.Я., Івченко Д.О.....	32

СЕКЦІЯ 2: ЕКОЛОГІЯ, ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

ЕКОЛОГІЧНА СУЧАСНІСТЬ УКРАЇНИ ТА СВІТУ Нестер А.А.....	35
ПРО ЕКОЛОГІЧНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНІЧНОГО ОБ'ЄКТА Воїнов О.П., Воїнова С.О.	40
ОЦІНКА КАВОВОГО ШЛАМУ У РЕЦЕПТУРІ СУБСТРАТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГЛИВИ ЗВИЧАЙНОЇ (PLEUROTUS OSTREATUS) Макас А.М., Крусір Г.В.....	43
ПРОБЛЕМИ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, ЗАБРУДНЕНИХ НАФТОПРОДУКТАМИ Крусір Г.В., Купріяшкіна О.В.....	45

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНИХ ТВАРИННИЦЬКИХ ФЕРМ Мадані М.М., Балакан Ю. В.....	48
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ВІРУСНИХ ІНФЕКЦІЙ В УРБОЕКОСИСТЕМАХ Мадані М.М., Бугайчук А.Я.....	50
ЗМЕНШЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ МЕТОДОМ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ГОРІННЯ В КОТЛАХ ІЗ ЦИРКУЛЮЮЧИМ КИПЛЯЧИМ ШАРОМ Мадані М.М., Овсцов Д. О.....	52
РОЗРОБКА БІОТЕХНОЛОГІЇ КОМПОСТУВАННЯ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ Щербина К.С., Крусір Г.В.....	53
МОДЕЛЮВАННЯ РОЗЛИВІВ НАФТИ В МОРІ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ Якуб Л.М.....	54
РОЗРОБКА ЗАМКНЕНОЇ ЦИРКУЛЯРНОЇ СИСТЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З ХАРЧОВИМИ ВІДХОДАМИ Ярмолович Ю.О., Крусір Г.В.....	59
ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД НЕІДЕНТИФІКОВАНИХ НАФТОПРОДУКТІВ Войницька І.Г., Гаркович О.Л.....	61
ВПЛИВ ЯКОСТІ ВОДИ НА ЗАХВОРЮВАНІСТЬ НАСЕЛЕННЯ Семенюк Ю.В., Семенюк А.Ю.....	67
АНАЛІЗ СТАНУ ҐРУНТІВ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ Семенюк Ю.В., Соколов О.О., Семенюк А.Ю.....	73