

П. П. ГОВОРОВ, С. І. БУХКАЛО, А. К. КІНДИНОВА, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО

ІЄРАРХІЯ МОЖЛИВОСТЕЙ СВІЛОТЕХНІКИ НА ШЛЯХУ РОЗВИТКУ ІННОВАЦІЙ У ВИРОБНИЦТВАХ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

У матеріалах статті розглядається можливість застосування технології знезараження питної води, яка заснована на використанні світлодіодних джерел світла для генерації ультрафіолетового випромінювання. Розроблено та досліджено деякі теоретичні і експериментальні моделі знезараження води з урахуванням проведеного аналізу літературних джерел інформації. Розглянуто актуальність питань енергозбереження та безпеки в сучасному світі харчових технологій. Визначено напрямки оптимізації та підвищення енергоефективності систем з конкретизацією типових заходів виробництв. Описано алгоритм інтенсифікації розвитку ринку – харчової і енергоекономічної технології із застосуванням світлодіодних ламп. Запропоновано структуру системи знезараження води, методику і алгоритм розрахунку светораспределения світлодіодних джерел світла, які забезпечують ефективне використання електричної енергії на знезараження води з урахуванням умов проведення різновидів виробництв харчової технології. Розвиток і застосування цієї технології в системі очищення води описані як можливості дослідження технологія знезараження сировинної та питної води – сировини та продукту, засновані на використанні світлодіодних джерел світла для генерації ультрафіолетового випромінювання під час пандемії.

Ключові слова: ультрафіолетове випромінювання, світлодіодні джерела світла, бактерицидна установка, алгоритм

Вступ. Головні критерії щодо якості питної води в цілому у загальному вигляді були визначені у середині двадцятого століття і полягають у наступному: 1) питна вода повинна бути безпечною у епідемічну відношенні; 2) бути нешкідливою за хімічним складом відповідно з нормативно-технічною документацією (НТД) для різновидів її споживання у якості сировини або продукту; 3) мати задовільні органолептичні властивості. При оцінці ризику питної води для здоров'я населення найбільше значення мають характеристики мікробіологічного забруднення. Вважається, що небезпека захворювань від мікробіологічних забруднень води в кілька тисяч разів вища, ніж при забрудненні води хімічними сполуками різної природи. В свою чергу, це означає, що питна вода, яка призначена для споживання населенням, насамперед, повинна бути надійно знезаражена.

Пошук інноваційних технологій світлотехніки та вдосконалення існуючих технологій знезараження оточуючого середовища є актуальною проблемою сучасності, особливо з огляду на розвиток, стан та наслідки пандемії Covid-19. Дослідження технологій та процесів знезараження з метою визначення вимог до бактерицидних установок на основі ультрафіолетових світлодіодних джерел світла у різновидах виробництв харчової технології, особливо для умов Covid-19, досі не проводилось. Такі дослідження, насамперед, стосуються класифікації-ідентифікації загальних технологій світлотехнічних та електротехнічних, а також розрахунків бактерицидних установок на основі світлодіодних джерел світла з урахуванням умов проведення різновидів виробництв харчової технології.

Подальша відсутність вищевказаного наукового дослідження стримує впровадження бактерицидних установок на основі світлодіодних джерел світла в діючі системи знезараження і обумовлює їх низьку ефективність з урахуванням збільшення вартості

електроенергії; введення європейських стандартів до світлотехнічного обладнання; стимулювання переходу на енергозберігаючі технології та інших показників. Означене вище вимагає проведення досліджень по створенню науково-методичних основ розрахунку бактерицидних установок на основі світлодіодних джерел світла та визначенню вимог і параметрів цих установок з метою подолання наслідків пандемії Covid-19 та бути готовими до розвитку інших пандемій.

Мета дослідження. Загальні питання технології за темою можна визначити алгоритмом дії:

- 1) Вибір методу знезараження питної води – сировини та продукту харчової технології.
- 2) Класифікація-ідентифікація факторів та характеристик, що впливають на ефективність обраного методу знезараження.
- 3) Порівняльна характеристика технології та методів знезараження питної води.
- 4) Вибір та розрахунки оптимальних параметрів системи знезараження;
- 5) Визначення у воді завислих речовин та низької світлової віддачі ламп як параметрів, що знижують ефективність процесу знезаражування.
- 6) Вибір сучасних конструкцій установок в місцях що мають дуже високу бактеріальну забрудненість [1–6].

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Властивостями води і її якістю, наприклад, визначаються технології різних видів напоїв, їхні органолептичні показники і стійкість при зберіганні, а також мікробіологічні, паразитологічні показники і хімічний склад питної води, що надходить з централізованих джерел водопостачання і повинна відповідати НТД.

© Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Земелько М.Л., 2021

На сьогоднішній день джерела УФ-променів у бактерицидних установках побудовані на основі використання газорозрядних ртутно-аргонових або ртутно-кварцових ламп (що можна визначити як вагомий недолік знезаражування води), в яких у процесі електричного розряду генерується УФ-випромінювання бактерицидного діапазону. Вони встановлюються у кварцовому чохла в місці, що найбільш наближене до джерела забруднення.

Якщо процеси знезаражування відбуваються шляхом безпосереднього впливу УФ-променів на мікроорганізми:

1) за цих умов наявність у просторі шкідливих речовин призводить до поглинання світлового випромінювання, що знижує ефективність знезаражування;

2) при цьому необхідним процесом є постійне чищення зовнішньої поверхні кварцового чохла від осаду, що накопичується, а також обумовлює відносно високі витрати електроенергії;

3) конструкція таких бактерицидних установок дозволяє здійснювати очистку тільки в місцях що мають дуже високу бактеріальну забрудненість, але на жаль в таких бактерицидних установках спостерігається відсутність ефекту післядії, що є неприйнятним.

У зв'язку з цим установки для знезараження середовища на основі бактерицидних ламп являються малоефективними, хоча досить привабливими взагалі. Тому пошук нових та вдосконалення існуючих технологій знезараження оточуючого середовища є актуальною проблемою великої ваги, особливо з огляду на перебіг пандемії Covid-19.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз публікацій, присвячених моделюванню світлового простору за допомогою світлодіодних джерел світла і опису методики розрахунку світлорозподілу джерел світла і світлових приладів (СП) на їх основі показав, що в основному публікації

присвячені опису світлодіодних джерел світла стосовно умов конкретного завдання, що не дає можливості застосування розроблених моделей для будь-якого світлорозподілу типу джерел світла.

Технологія ультрафіолетового опромінення застосовується досить широко (рис. 1, <https://svet.com.ua/files/files/5306204/00rinoknpi2015>).

Ультрафіолет може бути нездоланим бар'єром по відношенню до всіх відомих мікроорганізмів, особливо він дуже ефективний проти мікроорганізмів стійких до впливу хімічних препаратів. Однак, для того, щоб УФ обладнання реально справлялось з поставленими завданнями необхідно забезпечити потрібний діапазон випромінювання і правильно обрати потужність бактерицидного випромінювання, щоб забезпечити необхідний ефект знезараження. Зокрема, для знезараження побутових і міських середовищ, повинна застосовуватися УФ доза не менше 30 мДж/см². Але на практиці матриця середовища настільки унікальна, що даної дози може бути як більш ніж достатньо, так і не достатньо зовсім. У залежності від джерел водопостачання, складу і якості питної вода, яку використовують для технологічних потреб безалкогольного виробництва, піддається обробці по досить різноманітних технологічних схемах, що передбачає відстоювання, коагуляцію, знезалізування, зм'якшення, зниження кольоровості, знезаражування, фільтрування, деаерування й охолодження (рис. 2, рис. 3) [7–12].

При надходженні питної води на підприємство з централізованих систем водопостачання перші дві стадії технологічної схеми обробки води виключаються. Питна вода, що надходить на заводи безалкогольних напоїв з нецентралізованих систем водопостачання, у тому числі з індивідуальних артезіанських свердловин, рік, відкритих водоймищ і т. ін., повинна піддаватися освітленню методом відстоювання і коагуляції з наступним фільтруванням.

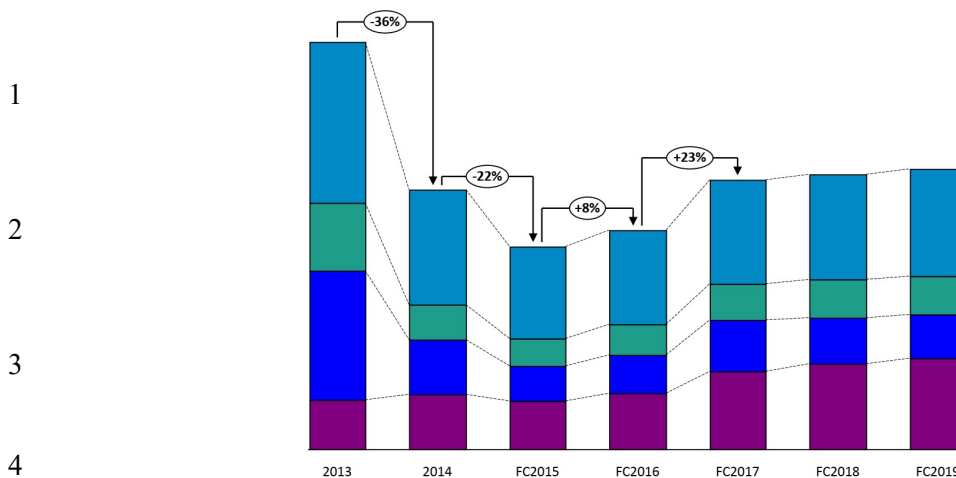


Рис. 1 – Розвиток ринку світлотехніки в Україні: 1 – споживчі світильники; 2 – професійні світильники; 3 – лампи; 4 – світлодіодні лампи

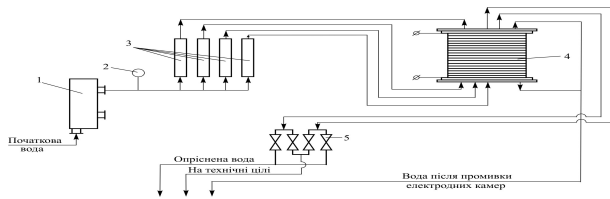


Рис. 2 – Приклад з технології підготовки води електродіалізним способом

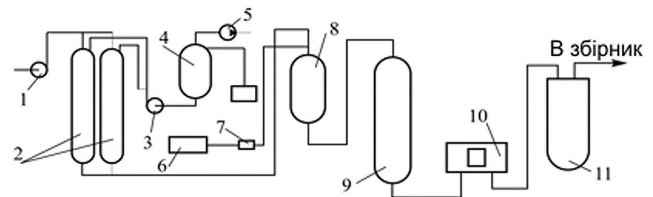


Рис. 3 – Приклад з технології підготовки води іонообмінним способом

Результати дослідження за класифікацією-ідентифікацією процесів та алгоритмами взаємодії.

Харчова промисловість України при підготовці до реалізації різновидів питної води дотримується Державних санітарних норм ДСанПіН 2.2.4-171-10. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Склад води питної за органолептичними, хімічними, фізико-хімічними, мікробіологічними, паразитологічними, радіаційними та іншими показниками відповідає вимогам державних стандартів та санітарного законодавства.

Вода мутністю понад $1,0 \text{ мг/дм}^3$ повинна бути спеціально оброблена з метою її освітлення. Освітлення води проводять способом відстоювання і коагулювання. Спосіб відстоювання води рекомендується для заводів із продуктивністю 0,5–1,0 млн дал напоїв у рік. Зм'якшують воду реагентними, іонообмінними, електродіалізними і мембранними способами. Електродіалізний спосіб зм'якшення води (рис. 2) рекомендується застосовувати для обробки води зі вмістом солей понад 1500 мг/дм^3 .

Електродіалізний апарат конструктивно являє собою апарат фільтр-пресового типу з горизонтальним розташуванням робочих камер і призначений для електрохімічного знесолення води. В апарат входять два титанових електроди, платинованих з робочої сторони. Між електродами розташовані електродні камери для промивання електродів, пакет робочих і поворотних рамок з турбулізаторами, що утворює камери опріснення і концентрування, розділені в послідовності, що чергуються, аніонітними і катіонітними мембранами. Мембранний спосіб зм'якшення води, заснований на принципі зворотного осмосу, може бути використаний для обробки вод будь-якого солевмісту.

Обробка води на іонообмінних фільтрах включає такі стадії:

- фільтрування води через підготовлений фільтр до насичення обмінної робочої ємності іоніту;
- розпушення іоніту висхідним потоком розчину промивної води;
- регенерація іоніту;
- відмивання від іоніту, солей жорсткості і надлишку регенераційних розчинів (рис. 3).

Технологія ультрафіолетового опромінення при знезараженні питної та стічної води застосовується досить широко. При впливі на органічні клітини

різних бактерій ультрафіолетовим випромінюванням спостерігається руйнація клітин мікроорганізмів у спектрі від 200 до 400 нм. [7] Такі можливості треба використовувати для підвищення ефективної роботи бактерицидних установок, необхідним є пошук енергоефективних джерел світла, що працюють в діапазоні 200–400 нм. Як свідчить аналіз, високі техніко-економічні показники забезпечують бактерицидні установки, що працюють на основі використання світлодіодних джерел світла, які нарівні з покращенням енергетичних характеристик, забезпечують ще й можливість зменшення ефекту післядії за рахунок розосередження установки і багатоступеневої структури системи знезараження води. Дослідження процесів знезараження води та визначення вимог до бактерицидних установок на основі ультрафіолетових світлодіодних джерел світла досі не проводились. Для виявлення загальних закономірностей технології створення світлового простору світлодіодними приладами авторами розроблена методика синтезу світлових приладів на основі відомої кривої сили світла (КСС) одиничного світлодіодного джерела світла: модель виду [8]:

$$I'(\lambda) = F(I(\lambda), N, K) = F(I_0, N, 2\theta_{0,5}, K) \quad (1)$$

де $I'(\lambda)$ – розподіл сили світла (СС) СП;
 $I(\lambda)$ – розподіл СС одного світлодіода (СД);
 N – число світлодіодів в приладі;
 I_0 – осьова сила світла одного СД;
 $2\theta_{0,5}$ – кут свічення одного світлодіода;
 K – коефіцієнт, що враховує розподіл сили світла від оптичного елементу світлового приладу. Результатом розрахунку є графік світлорозподілу в площині, де розташовані точки спостереження: крива СС в довільно вибраній площині, що проходить через вісь лампи. Величина СС в цій залежності є результат складання сил світла в точці спостереження, від усіх світлодіодів, які розміщені в світлодіодній лампі (СДЛ). Величина кута визначена, як кут між віссю лампи і променем, проведеним в точку спостереження. Для обчислення сили світла використовується закон квадрата відстані $I = E \cdot L^2$. Для розрахунку КСС СДЛ використовуються КСС одиничних світлодіодів (СД), що наведені в паспортних даних. В розглянутих умовах КСС СД – це кубічний сплайн апроксимації, отриманий на основі експериментальних вимірів для одиничного світлодіода. КСС модельованої СДЛ розраховується

в два етапи: 1) створюється каталог КСС одиничних світлодіодів різних модифікацій, з яких передбачається створювати СДЛ; 2) в точках спостереження здійснюється розрахунок сили світла від усіх світлодіодів лампи.

Застосування розробленої методики дозволяє розрахувати КСС від СДЛ для любых умов застосування. Розрахунок КСС для СДЛ зводиться до розрахунку сили світла в будь-якій точці середовища пропускання A_i з координатами (x_a, y_a, z_a) в системі координат, у якій вісь OZ співпадає з віссю лампи. Точка початку координат є уявним центром світимості лампи, який може бути вибраний довільно в області площини розміщення діодів. Площина XOY перпендикулярна осі OZ і проходить через точку нуль осі OZ . Напрямок осі OX вибирається довільно. Алгоритм, застосований в завданні для розрахунку точок спостереження A_i середовища пропускання, заснований на твердженні, що ці точки знаходяться в площині XOZ .

З метою розрахунку координат точок світіння середовища пропускання застосовано алгоритм розрахунку координат, який полягає в знаходженні координат рівновіддалених точок середовища пропускання, при обертанні їх навколо початку координат. Для того, щоб скористатися цим алгоритмом задаються наступні величини [8]:

- відстань до точок розрахунку R від нульової точки системи координат;
- крок зміни кута при руху точці розрахунку навколо точки нульової осі OZ . На основі кроку виконується розрахунок кута між точкою розрахунку і негативним напрямом осі OZ .

По теоремі косинусів визначаються відстані до точок розрахунку та їх координат:

$$a = -R \cdot \cos(\gamma) \quad (2)$$

Координати двох точок простору, вказані в певному порядку, задають єдиний вектор. Точка кінця вектора світлодіода повинна задаватися як координати оптичного центру світлодіода. Точка початку вектора світлодіода може бути вибрана довільно, але обов'язково повинна належати променю осьової сили світла світлодіода. Для визначення координат точки початку вектора світлодіода в завданні кутом між осями світлодіода і лампи розраховується кут, отриманий в результаті проведення площини крізь вісь OZ і точку оптичного центру світлодіода. Із точки оптичного центру світлодіода відновлюється перпендикуляр до осі OZ . Гіпотенузою, цього трикутника виступатиме відрізок геометричного променя з точки оптичного центру світлодіода до осі OZ . Кут між гіпотенузою і віссю OZ задається при конструюванні лампи і є кутом нахилу осі світлодіода до осі лампи. Точкою початку вектора світлодіода, виходячи з цієї побудови, являється точка перетину гіпотенузи з віссю OZ .

Позначивши точку оптичного центру світлодіода координатами $D_s (x_s, y_s, z_s)$ і використовуючи теорему тангенсів для прямокутного трикутника, знаходимо величину катета, що належить осі OZ у вигляді:

$$b = a \cdot \operatorname{tg}(\gamma) \quad (3)$$

де a – довжина катета, яку можна знайти з координат точки оптичного центру світлодіода.

У площину XOY проекція точки оптичного центру діода має координати, відповідно x_s і y_s , довжина вектора від оптичного центру до осі OZ , дорівнює $\sqrt{(x_s^2 + y_s^2)}$. Таким чином, катет b визначається, як:

$$b = \operatorname{tg}(x_s^2 + y_s^2) \quad (4)$$

Координати точки перетину гіпотенузи з віссю $OZ (0, 0, z_s + b)$. Можна задати координати точки початку вектора діода просто з геометричного зображення лампи. У завданні застосовується розрахунок координат точки початку вектора діода для кожного діода лампи по описаному алгоритму, якщо задані координати точки оптичного центру діода і кут нахилу осі діода до осі лампи. При завданні координат точок початку і кінця вектора діода з геометричної побудови лампи, необхідність завдання кута нахилу осі діода до осі лампи відпадає.

Для розрахунку сили світла від оптичного центру світлодіода до точки розрахунку, визнається кут між вектором, задаючим вісь світлодіода і вектором з точки оптичного центру світлодіода до точки розрахунку. Кут між векторами в просторі знаходиться, використовуючи поняття скалярного множення векторів у відповідності з цим скалярним добутком двох векторів $a(x_a, y_a, z_a)$ і $b(x_b, y_b, z_b)$ є сума множень відповідних координат векторів:

$$ab = x_a \cdot x_b + y_a \cdot y_b + z_a \cdot z_b.$$

З іншого боку, скалярним добутком цих векторів, є добуток довжин векторів помножений на косинус кута між ними:

$$ab = |a| \cdot |b| \cdot \cos(\alpha) \quad (5)$$

Для знаходження кута між віссю світлодіода і вектором з оптичного центру світлодіода в точку спостереження, визначаються точки початку і кінця для кожного з векторів. Перший вектор задає вісь світлодіода і належить променю осьової сили світла світлодіода. Вектор проведений з будь-якої точки, що лежить на промені осьової сили світла світлодіода До до оптичного центру світлодіода D_s . Другий вектор – з точки оптичного центру світлодіода D_s до точки спостереження A_i .

Координати точок, що визначають обидва вектори: $D_s (x_s, y_s, z_s)$ – точка оптичного центру світлодіода; $D_o (x_o, y_o, z_o)$ – точка основи світлодіода; $A_i (x_i, y_i, z_i)$ – точка розрахунку (точка, в

якій розраховується сумарна сила світла від світлодіодів розміщених в лампі).

Координати вектора світлодіода $D(D_o, D_s)$ і вектора розрахунку $A(D_s, A_i)$ знаходяться використовуючи координати точок початку і кінця вектора: $D(x_s - x_o, y_s - y_o, z_s - z_o)$; $A(x_a - x_s, y_a - y_s, z_a - z_s)$. Визначивши довжини векторів обчислюється їх скалярний добуток: $DA = |D| \cdot |A| \cdot \cos(\beta)$.

Використовуючи отриманий кут між вектором, задаючим вісь світлодіода і вектором з точки оптичного центру світлодіода до точки спостереження і провівши інтерполяцію з використанням функції апроксимації кубічного сплайна для вибраного світлодіода, вичислюємо силу світла від конкретно взятого світлодіода у вибраній точці спостереження. Підсумкове значення, отриманих сил світла від усіх світлодіодів СДЛ, надає інформацію про силу світла в даній точці спостереження. Розроблений метод може бути застосований для будь-яких довільно вибраних точок спостережень, основ світлодіодів і середовища їх розташування, що робить алгоритм придатним для розрахунку світлорозподілу від світлодіодних систем бактерицидного знезараження води.

Дослідження з розробки заходів і проектів екологічної безпеки для процесів харчової технології. Ряд показників питної води свідчить про наявність у ній різних мінеральних і органічних домішок у кількостях, що негативно впливають на якість напоїв. Питна вода містить велику кількість різних домішок, що надходять до неї при конденсації вологи в атмосфері, проходженні через ґрунт, забрудненні побутовими і промисловими стоками. При випаданні опадів у виді дощу і снігу у воді розчиняються кисень, азот, двооксид вуглецю, складові речовини димових газів, різні мінеральні речовини – продукти окислювання, які, при взаємодії з різними речовинами в ґрунті, утворюють погано розчинні і нерозчинні у воді з'єднання.

До органолептичних показників, що визначають якість води в безалкогольному виробництві, відносяться: смак, запах, колір і прозорість. Вода, яку використовують для технологічних цілей виробництва напоїв, повинна бути прозорою, безбарвною, не мати сторонніх присмаків і запахів і відповідати вимогам, представленим нижче (табл. 1).

Таблиця 1. Органолептичні показники води для технологічних цілей

Показники	Значення
Запах при температурі 20 °С і при підігріванні води до 60 °С, бали, не більше	0
Присмак при температурі 20 °С, бали, не більше	0
Кольоровість по платино-кобальтовій або шкалі, що імітує, град., не більше	10
Мутність по стандартній шкалі, мг/дм ³ , не більше	1,0

Особлива увага повинна бути приділена чистоті питної води з погляду її прозорості, мутності, кольоровості, відсутності зважених часток, присмаку, запаху, органічних речовин, вмісту бактерій і токсичних речовин. Вода, яку використовують у якості питної або при виробництві безалкогольних напоїв, повинна відповідати санітарним нормам і вимогам, а також за хімічними показниками (табл. 2).

Таблиця 2. Хімічні показники питної води

Показники	Значення
Жорсткість (загальна), мг·екв/дм ³ , не більше	0,7
Лужність, мг·екв/дм ³ , не більше	1,0
Мінеральні домішки, мг·екв/дм ³ , не більше:	
марганець	0,1
залізо	0,1
алюміній	0,1
сульфати	100–150
хлориди	100–150
мідь	1,0
цинк	5,0
нітрати	10
нітри	сліди
свинець	0,1
кремній	2,0
миш'як	0,05
фтор	1,5
рН	3 – 6

Вміст активного хлору у воді після хлорування повинен бути 6,0 – 10,0 мг/дм³, після дехлорування вміст активного хлору повинен дорівнювати нулеві. Мікробіологічні показники питної води: загальна кількість бактерій у 1 см³ нерозбавленої води, не більше, ніж 25; кількість бактерій групи кишкової палички в 1 дм³, не більше, ніж 3.

Додатково до викладеного матеріалу необхідно формувати у студентів усіх рівнів навчання знання про теоретичні і правові засади нормування в Україні принципів якості довілля та категорій нормативних документів, з визначенням системи понятійної термінологічної бази якості довілля [9–13]. Необхідно формувати у студентів усіх рівнів навчання знання про теоретичні і правові засади нормування в Україні принципів якості довілля та категорій нормативних документів, з визначенням системи понятійної термінологічної бази якості довілля [1, 2]. Завдання розвитку таких закономірностей пов'язані з визначенням місця і ролі нормування основних характеристик в системі заходів підвищення якості та рівнів екологічної безпеки довілля: основні положення в галузі стандартизації та нормування якості довілля; поняття та визначення – ідентифікація-класифікація системи; категорії нормативних документів; систему нормативних документів, які регламентують якість повітря, води та водних об'єктів; ґрунтів та ін; санітарно-гігієнічне значення централізованого водопостачання населених пунктів; системи методів покращення якості води і технологічні процеси

обробки води; сучасні ресурсо- та енергозберігаючі способи освітлення води (видалення завислих речовин у відстійниках, флоатація, фільтрування та ін.); безпечні способи знебарвлення води шляхом коагуляції, напірної флоатації, окислювачами (хлор, озон, перманганат калію), сорбентами (активоване вугілля) та ін.; системи комплексних способів знезараження води; системи коагуляція води (коагулянти, флокулянти, організація дозування реагентів); сучасні системи відстоювання та фільтрування води; сучасні екологічнобезпечні системи хлорування питної води (реагенти, механізми та діапазони бактерицидної дії; методи хлорування води, дозування реагентів; обладнання для хлорування; контроль ефективності хлорування води, переваги та недоліки); сучасні екологічно-безпечні системи знезараження води переваги та недоліки сучасних екологічно-безпечних систем знезараження води УФ-промінням, іонами срібла, йодом, ультразвуком, гамма-випромінюванням, контроль їх ефективності; попередній санітарний нагляд за покращенням якості води на водопроводах; поточний санітарний нагляд за ефективністю покращення якості води на водопроводах. Відповідно перші досліді з інактивації вірусних часток COVID-19 вказали на ефективність використання світлодіодних джерел глибокого УФ випромінювання, які забезпечують інактивацію 99,9 % часток коронавірусу. Проведені дослідження свідчать про можливість побудови на основі таких світлодіодів систем очищення води та кондиціонування повітря. Завдання розвитку таких закономірностей пов'язані з визначенням місця і ролі нормування основних характеристик в системі заходів підвищення якості та рівнів екологічної безпеки довкілля:

- основні положення в галузі стандартизації та нормування якості довкілля;
- поняття та визначення – ідентифікація-класифікація системи;
- категорії нормативних документів;
- систему нормативних документів, які регламентують якість повітря, води та водних об'єктів; ґрунтів та ін;
- класифікація системи різновидів відходів та ідентифікація-класифікація твердих побутових відходів (ТПВ);
- санітарно-гігієнічне значення централізованого водопостачання населених пунктів;
- системи методів покращення якості води і технологічні процеси обробки води;
- сучасні ресурсо- та енергозберігаючі способи освітлення води (видалення завислих речовин у відстійниках, флоатація, фільтрування та ін.);
- безпечні способи знебарвлення води шляхом коагуляції, напірної флоатації, окислювачами (хлор, озон, перманганат калію), сорбентами (активоване вугілля) та ін.;

- системи комплексних способів знезараження води;
- системи коагуляція води (коагулянти, флокулянти, організація реагентного господарства, дозування реагентів);
- сучасні системи відстоювання води;
- сучасні системи фільтрування води;
- сучасні екологічно-безпечні системи хлорування питної води (реагенти, механізми та діапазони бактерицидної дії; методи хлорування води, дозування реагентів; обладнання для хлорування; контроль ефективності хлорування води, переваги та недоліки);
- сучасні екологічно-безпечні системи знезараження води озоном (механізм бактерицидної дії, озонаторні установки, контроль ефективності, переваги та недоліки);
- переваги та недоліки сучасних екологічно-безпечних систем знезараження води УФ-промінням, іонами срібла, йодом, ультразвуком, гамма-випромінюванням, контроль їх ефективності;
- попередній санітарний нагляд за покращенням якості води на водопроводах;
- поточний санітарний нагляд за ефективністю покращення якості води на водопроводах.

Гарантоване постачання населенню України питної води, що є безпечною для здоров'я та належної якості, забезпечують два основоположні законодавчі документи: Водний кодекс України та закон України «Про питну воду та питне водопостачання» [1, 2, 5]. Одним із завдань, що спрямовані на досягнення вищезазначеної мети, є об'єктивне оцінювання екологічного стану і якості поверхневих та підземних вод – джерел централізованого питного водопостачання, на основі екологічних та гігієнічних показників та критеріїв, що відповідають вимогам стандартів, способів, методів та технологій, прийнятих в ЄС [6]. Класифікація якості поверхневих та підземних вод України – джерел питного водопостачання – є морально та змістовно застарілою.

Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку. Результати дослідження показали можливості їх застосування у різновидах технологічних процесів харчової технології з метою знезараження води – сировинного ресурсу майже всіх виробництв.

1. Проведені дослідження дозволяють встановити науково-обґрунтовані вимоги до бактерицидних установок у різновидах технологічних процесів харчової технології.

2. Для визначених умов та призначення запропоновано структуру енергоефективної бактерицидної установки на основі ультрафіолетових світлодіодних джерел світла, що забезпечує зосереджене багаторівневе знезараження води у процесах виробництва харчової технології.

3. Під час досліджень встановлена необхідність формування оцінки характеристик бактерицидних установок знезараження води у спеціальних процесах виробництв харчової технології.

Слід відмітити, постійне зростання попиту на безпеку життєдіяльності людини: застосування високоефективних інноваційних технологій, техніки та обладнання; вивчення даних про принцип дії ультрафіолетового випромінювання і самому впливі

знезараження ультрафіолетового випромінювання на мікроорганізми, що знаходяться у воді, і є джерелом забруднення; внесення пропозиції щодо вдосконалення систем водопідготовки із знезараження води методом ультрафіолетового опромінення [9–23]. Ці фактори стимулюють подальше розвинення досліджень з метою розробки сучасних енергоефективних систем знезараження води на основі світлодіодних джерел світла [1–8, 14].

Список літератури

1. Гончарук В.В. и др. Обеззараживание природных вод озонированием совместно с УФ-облучением // Химия и технология воды, 2005, т. 27, № 3. С 266 – 282.
2. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official J. of the European Communities, L 327/1, 22.12.2000/EN.
3. Говоров Ф.П. Моделирование параметров и характеристик световых приборов на основе энергосберегающих светодиодных источников света / Ф. П. Говоров, Н. И. Носанов, Т. И. Романова, О. В. Король // Технічна електродинаміка. Тем. випуск «Силова електроніка та енергоефективність». Ч. 2. – Київ: ІЕДНАН України, 2012. – С. 95 – 101.
4. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Загальні закономірності системи бактерицидних установок знезараження води. XXVIII Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 182.
5. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Загальні закономірності системи бактерицидних установок знезараження води. XXVIII Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 28-30 жовтня 2020 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 181.
6. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К., Говорова К.В. Энергоэффективная система знезараження води на основі світлодіодних джерел світла. Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2020. – № 5(1359). – С. 19–25.
7. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Технології світлотехніки на шляху розповсюдження COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 125.
8. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Деякі можливості світлотехніки на шляху розповсюдження COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2020) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 126.
9. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Системи світлотехніки на шляху розповсюдження COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 127.
10. Бухкало С.І., Говоров П.П., Кіндінова А.К., Гришина І.М. Екологічна безпека світлотехніки на шляху COVID-19. XXIX Міжн. н-практ. конф. «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD-2021) 18-20 травня 2021 р.: у 5 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 116.
11. Говоров П.П., Бухкало С.І., Кіндінова А.К. Медико-біологічні аспекти на шляху розповсюдження COVID-19. Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти матеріали II Міжн. н-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р./ред. колегія А. В. Кіпєнський, О. В. Білоус [та ін.]. – Харків: Друкарня Мадрид, 2021. – С. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0
12. Бухкало С.І. Визначення загальної технології комплексних курсових проєктів. Інформаційні технології: наука, техніка, технології, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVII Міжн. н-практ. конференції (MicroCAD-2019), 15–17 мая 2019 р.: у 4 ч. Ч. II. / за ред. проф. Сокола Є.І. – Харків: НТУ «ХПІ». С. 217.
13. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (інноваційні заходи) [текст] підручник. – К.: ЦНЛ, 2014. – 456 с.
14. Бухкало С.І. Особливості розробки об'єктів інтелектуальної власності зі студентами. XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2018) 17-19 мая 2018. Х.: Ч. II, с. 201.
15. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu. N., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2019. – № 15(1340). – С. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
16. Бухкало С.І. Структура потоків комплексного підприємства XXV Межд. н-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье» (MicroCAD-2017) 17-19 мая 2017. Х.: Ч. III, – с. 14.
17. Бухкало С.І., Сериков А.В., Ольховская О.И. и др. Об утилизации полимерных отходов как комплексе инновационных проектов / С.И. Бухкало, А. В. Сериков, О.И. Ольховская и др.// Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 160–166.
18. Бухкало С.І., Гардер С.Е., Ольховская О.И. и др. Регулирование эффективности ресурсо- и энергосбережения на комплексных предприятиях по переработке отходов // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ». 2012. – № 10. – с. 72–80.
19. Zipunnikov, Mykola; Bukhhalo, Svetlana; Kotenko, Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujc-v7i2p138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
20. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 6(11 (102)), 66-73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.uran.ua/cejct/article/view/186442>.

21. Bukhhalo, S. I., Klemeš, J. J., Tovazhnyanskyy, L. L., Arsenyeva, O. P., Kapustenko, P. O., & Perevertaylenko, O. Y. (2018). Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 70, 2047–2052. doi:10.3303/CET1870342.
22. Bilous, O., Demidov, I., & Bukhhalo, S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaves and calendula extracts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
23. Бухкало С.І. Загальна технологія харчової промисловості у прикладах і задачах (прикладні та тести з технології крохмалю) [текст] підручник з грифом МОН. Київ «Центр учбової літератури»: 2019, 108 с.
- 2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 127.
10. Bukhhalo S.I., Govorov P.P., Kindinova A.K., Grishina I.M. Ekologichna bezpeka svitlotehniki na shljahu COVID-19. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 116.
11. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K. Mediko-biologichni aspekti na shljahu rozpovsjudzhennja COVID-19. Zdorov'ja nacii i vdoskonalennja fizkul'turno-sportivnoi osviti materialii II Mizhn. n-praktichnoi konferencii, 22–23 kvitnja 2021 r./red. kolegija A. V. Kipens'kij, O. V. Bilous [ta in.]. – Harkiv: Drukarnja Madrid, 2021. – S. 102–106.: ISBN 978-617-7988-44-0
12. Bukhhalo S.I. Vznachennja zagal'noi tehnologii kompleksnih kursovih proektiv. Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologii, osvita, zdorov'ja: tezi dopovidej HHVII Mizhn. n-prakt. konferencii (MicroCAD-2019), 15–17 maja 2019 r.: u 4 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 217.
13. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoi promislivosti u prikkladah i zadachah (innovacijni zahodi) [tekst] pidruchnik. – K.: CNL, 2014. – 456 p.
14. Bukhhalo S.I. Osoblivosti rozrobki ob'ektiv intelektual'noi vlasnosti zi studentami. XXV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2018) 17–19 maja 2018. Kh.: Ch. II, p. 201.
15. Bukhhalo S.I., Ageicheva A.O., Iglin S.P., Hlavcheva Yu., Miroshnichenko N.N., Olkhovska O.I., Zipunnikov M.M., Olkhovska V.O. Innovative complex projects'2018/2019 realization in the examples and tasks/ Visnik NTU «KhPI». Kh.: NTU «KhPI», 2019. № 15(1340), pp. 80–88. doi: 10.20998/2220-4784.2019.15.14
16. Bukhhalo S.I. Struktura potokiv kompleksnogo pidpriemstva XHV Mezhd. n-prakt. konf. «Informacionnye tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, obrazovanie, zdorov'e» (MicroCAD-2017): Ch. III, – p. 14..
17. Bukhhalo S.I., Serikov A.V., Ol'hovskaja O.I. i dr. Ob utilizacii polimernih othodov kak kom-plekse innovacionnyh proektiv. Visnik NTU «KhPI». 2012. № 10, pp. 160–166.
18. Bukhhalo S.I., Garder S.E., Ol'hovskaja O.I. i dr. Regulirovanie jeffektivnosti resurso- i jenergosberezhenija na kompleksnyh predpriyatjah po pererabotke othodov // Visnik NTU «KhPI». 2012. № 10, pp 72–80.
19. Zipunnikov Mykola; Bukhhalo Svetlana; Kotenko Anatolii. Researching The Process Of Hydrogen Generating From Water With The Use Of The Silicon Basis Alloys. French-Ukrainian Journal of Chemistry, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 138-144, dec. 2019. doi:http://dx.doi.org/10.17721/fujcV7I2, pp. 138-144. <http://kyivtoulouse.univ.kiev.ua/journal/index.php/fruajc/article/view/258>.
20. Bilous, O., Sytnik, N., Bukhhalo, S., Glukhykh, V., Sabadosh, G., Natarov, V., Yarmysh, N., Zakharkiv, S., Kravchenko, T., & Mazaeva, V. (2019). Development of a food antioxidant complex of plant origin. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 6(11 (102)), 66–73. doi:http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.186442. <http://journals.urau.ua/cejct/article/view/186442>.
21. Bukhhalo S.I., Klemeš J.J., Tovazhnyanskyy L.L., Arsenyeva O.P., Kapustenko P.O., & Perevertaylenko O.Y. (2018). Eco-friendly synergetic processes of municipal solid waste polymer utilization. *Chemical Engineering Transactions*, 70, 2047–2052. doi:10.3303/CET1870342.

References (transliterated)

1. Goncharuk V.V. i dr. Obezrazhivanie prirodnyh vod ozonirovaniem sovmestno s UF-oblucheniem // Himija i tehnologija vody, 2005, t. 27, № 3, pp 266 – 282.
2. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy // Official J. of the European Communities, L 327/1, 22.12.2000/EN.
3. Govorov F.P. Modelirovanie parametrov i karakteristik svetoviyh priborov na osnove jenergosberegajushhih svetodiodnyh istochnikov sveta / F. P. Govorov, N. I. Nosanov, T. I. Romanov, O. V. Korol' // Tehnichna elektro-dinamika. Tem. vipusk «Silova elektronika ta energoefektivnist». Ch. 2. – Kiiv: IEDNAN Ukraïni, 2012, pp. 95–101.
4. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Algoritm tehnologii sistemi baktericidnih ustanovok znezarazhennja vodi. XHVIII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2020) 28-30 zhovtnja 2020 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 182.
5. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Zagal'ni zakonimirnosti sistemi baktericidnih ustanovok znezarazhennja vodi. XHVIII Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2020) 28-30 zhovtnja 2020 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 181.
6. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K., Govorova K.V. Energoefektivna sistema znezarazhennja vodi na osnovi svitlodiodyh dzherel svitla. Visnik NTU «HPI». – H.: NTU «HPI», 2020. – № 5(1359). – S. 19–25.
7. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K. Tehnologii svitlotehniki na shljahu rozpovsjudzhennja COVID-19. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2021) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 125.
8. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K. Dejaki mozhlivosti svitlotehniki na shljahu rozpovsjudzhennja COVID-19. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-2020) 18-20 travnja 2021 r.: u 5 ch. Ch. II. / za red. prof. Sokola Ć.I. – Harkiv: NTU «HPI». S. 126.
9. Govorov P.P., Bukhhalo S.I., Kindinova A.K. Sistemi svitlotehniki na shljahu rozpovsjudzhennja COVID-19. XHIIH Mizhn. n-prakt. konf. «Informacijni tehnologii: nauka, tehnika, tehnologija, osvita, zdorov'ja» (MicroCAD-

22. Bilous O., Demidov I., Bukhhalo S. (2015). Developing the complex antioxidant from walnut leaves and calendula extracts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(6), 22–26. doi:10.15587/1729-4061.2015.35995.
23. Bukhhalo S.I. Zagal'na tehnologija harchovoї promislovosti u prikladah i zadachah (prikladi ta testi z tehnologii krohmalju) [tekst] pidruchnik z grifom MON. Kiїv «Centr uchbovoї literaturi»: 2019, 108 p.

Надійшла (received) 19.05.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Говоров Пилип Парамонович (Говоров Филип Парамонович, Novorov Pylyp Paramonovich) – доктор технічних наук, професор кафедри, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0379-1448>; e-mail: philip.govorov@gmail.com

Бухало Світлана Іванівна (Бухало Светлана Ивановна, Bukhhalo Svetlana Ivanovna) – кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1389-6921>; e-mail: bis.khr@gmail.com

Кіндінова Анастасія Костянтинівна (Киндинова Анастасия Константиновна, Kindinova Anastasiia Kostyantynivna) – магістерка, Харківський Національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2575-0767>; e-mail: kindinova.anstasiia@gmail.com

Земелько Марія Леонідівна (Земелько Мария Леонидовна, Mariia Zemelko) – викладач кафедри технологій природних і синтетичних полімерів, жирів та харчової продукції, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпро, Україна;

e-mail: kushnir2609@gmail.com

P. P. NOVOROV, S. I. BUKHALO, A. K. KINDINOVA, MARIA ZEMELKO

HIERARCHY OF LIGHTING POSSIBILITIES ON THE WAY OF DEVELOPING INNOVATIONS IN FOOD TECHNOLOGY PRODUCTION

In the article the energy-efficient technology of disinfection of drinking water which is based on the use of LED light sources for generating ultraviolet radiation during a pandemic COVID-19. Some theoretical and experimental models of water disinfection have been developed and investigated. The relevance of energy saving and safety issues in the modern world of food technologies is considered. The directions of optimization and improvement of energy efficiency of systems are determined with the specification of standard production measures. The algorithm for intensifying market development is described - food and energy-saving technology using LED lamps. The structure of the system of water disinfection technique and algorithm for calculating the light distribution of LED light sources that provide efficient use of electricity in the disinfection of water. The fragmentation algorithm is attached for the development of the bactericidal anti-infection system. The authors have devised a methodology for the synthesis of light on the basis of the distorted power of a single light switch of a light switch. The problem associated with the need to improve the efficiency of water disinfection at the stages of its treatment in an increasingly unfavorable trend of deterioration of microbiological parameters in the reservoirs of the first category is considered. Historical facts of development and the application of this technology in the water treatment system are described as technology of disinfection of drinking water which is based on the use of LED light sources for generating ultraviolet radiation during a pandemic COVID-19.

Keywords: ultraviolet radiation, LED light sources, bactericidal installation, structure, methods, algorithm, COVID-19

П. П. ГОВОРОВ, С. И. БУХАЛО, А. К. КИНДИНОВА, М. Л. ЗЕМЕЛЬКО

ИЕРАРХИЯ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СВЕТОТЕХНИКИ НА ПУТИ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИЙ В ПРОИЗВОДСТВАХ ПИЩЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В материалах статьи рассматривается возможность применения технологии обеззараживания питьевой воды, которая основана на использовании светодиодных источников света для генерации ультрафиолетового излучения. Разработаны и исследованы некоторые теоретические и экспериментальные модели обеззараживания воды с учетом проведенного анализа литературных источников информации. Рассмотрена актуальность вопросов энергосбережения и безопасности в современном мире пищевых технологий. Определены направления оптимизации и повышения энергоэффективности систем с конкретизацией типовых мероприятий производств. Описан алгоритм интенсификации развития рынка – пищевая инновационная энергоэкономическая технология с применением светодиодных ламп. Предложена структура системы обеззараживания воды, методика и алгоритм расчета светораспределения светодиодных источников света, обеспечивающих эффективное использование электрической энергии на обеззараживание воды. Развитие и применение этой технологии в системе очистки воды описаны как возможности исследования технология обеззараживания питьевой воды – сырья и продукта, основанные на использовании светодиодных источников света для генерации ультрафиолетового излучения во время пандемии.

Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, светодиодные источники света, бактерицидная установка, алгоритм