

ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ШАХТНИХ ТА СТИЧНИХ ВОД УЛЬТРАФІОЛЕТОВИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Є.О. Воробйов, М.О. Ніколенко, О.І. Чеканова, А.К. Чудовська

*Автомобільно-дорожній інститут ДонНТУ, м. Горлівка
Донецький національний технічний університет, м. Донецьк*

АНОТАЦІЯ: Виконаний аналіз впливу стічних та шахтних вод на розповсюдження інфекційних захворювань. Надано обґрунтування доцільності використання для знезараження вод ультрафіолетовим випромінюванням, результати досліджень та переваги ультрафіолетової дезинфекції.

АННОТАЦИЯ: Выполнен анализ влияния сточных и шахтных вод на распространение инфекционных заболеваний. Дано обоснование целесообразности использования для обеззараживания вод ультрафиолетового излучения, результаты исследований и преимущества ультрафиолетовой дезинфекции.

ABSTRACT: The analysis of influencing of sewer and mine waters on distribution of infectious diseases is executed. The ground of expedience of the use is given for disinfection of waters ultraviolet radiations, results of researches and advantages of ultraviolet disinfection.

Вступ. Стічні та шахтні води є джерелом розповсюдження інфекційних захворювань, що є великим ризиком зараження від мікробів для людей та тварин. Тому проблема знезараження вод є особливо актуальною для всіх регіонів, особливо промислових.

Постановка проблеми. Всім відомо, що в усіх стічних та шахтних водах (у подальшому – водах) міститься велика кількість патогенних бактерій. Навіть в очищених водах виявляються слідуючі патогенні ентеробактерії: збудники черевного тифу, холерні вібріони, патогенні кишечні палички, клібсіелли; кампілобактерії, які визивають кишечні захворювання; легіонелли – збудники легіонелльоза.

В 1 л води вміст патогенних бактерій може досягати десятків тисяч клітин. Все це може призводити до серйозних спалахів захворювань

Крім того в водах можуть зустрічатися більш 110 патогенних, особливо для людини, вірусів. Частіше за все це віруси гепатитів та ентеровіруси.

Особливу небезпеку становить попадання вод в підземні водоносні горизонти.

У зв'язку із зростаючим дефіцитом водних ресурсів і необхідністю використання для технічних потреб очищених вод набула особливого значення необхідність їх знезараження.

Всі ці причини є важливим фактором вирішення проблеми покращення мікробіологічної якості вод перед їх випуском у водойми і використання для різноманітних потреб.

Відносно знезараження стічних вод СанПіН 2.1.5.980-00 «Гігієнічні вимоги до охорони поверхневих вод» вказує: «Стічні води, небезпечні за епідеміологічним критерієм, можуть скидатися у водні об'єкти лише після відповідного очищення і знезараження до числа термотолерантних коліформних бактерій КОЕ/100 мл < 100, числа загальних коліформних бактерій КОЕ/100 мл < 500 і числа колі-фагов БОЕ/100 мл < 100».

Вимоги СанПіН 2.1.4.980-00 «Гігієнічні вимоги до охорони поверхневих вод», що пред'являються мікробіологічній якості знезаражених очищених стічних вод перевищують аналогічні вимоги, які діють за кордоном. Так, найпоширенішим нормативом, прийнятим, наприклад, в США (ця країна надає найбільшу увагу з усіх західних держав проблемі знезараження стоків), є вміст фекальних (термотолерантних) коліформ 2 000 КОЕ/л у водоймищах, де можливий прямий контакт людини із стічною водою.

Найбільш близькі до російських нормативів рекомендації ЄЕС за якістю води водоймищ для купання, які фактично співпадають з вимогами, що пред'являються до водоймищ комунально-побутового водокористування (колі-індекс 5 000 КОЕ/л). Проте, дані нормативи носять рекомендаційний характер. Нормативи, які повинні суворо виконуватися для водоймищ цієї категорії за нормами ЄЕС вдвічі вище і відповідають нормам водоймищ господарсько-питного призначення (колі-індекс 10 000 КОЕ/л).

Аналіз досліджень. В даний час знезараження вод здійснюється в основному хлором, що є високотоксичним фактором по відношенню до рибного господарства і всього біоценозу водоймищ. Це пов'язано з наявністю у знезараженій хлором воді як остатнього хлору (тільки нормативна залишкова величина його складає 1,5 мг/л), так і великої кількості хлорамінів та хлорорганічних речовин. Крім того хлорні господарства є небезпечними в експлуатації та вимагають великих витрат при транспортуванні хлора.

Всі ці недоліки, притаманні хлоруванню, стали причиною для масового впровадження за кордоном станцій дехлорування та методу знезараження

ультрафіолетовим випромінюванням. Були розроблені програми захисту навколишнього середовища.

За результатами роботи за цими програмами на основі серйозних досягнень в області світло- і електротехніки було створено устаткування по знезараженню природних і стічних вод ультрафіолетовим випромінюванням, за своїми техніко-експлуатаційними показниками прийнятне для станцій великої продуктивності.

В останні 15 років відбувається масове зростання впроваджень методу УФ знезараження на очисних спорудах каналізації різної продуктивності.

В даний час в країнах Європи і Північної Америки експлуатується більше 2000 станцій.

Інформаційний пошук по застосуванню різних методів знезараження, проведений «МосводоканалНІІпроект» на 162 зарубіжних станціях, виявив наступні результати:

- хлорування застосовується на 103-х станціях (64% від загальної кількості);
- у тому числі, хлорування з дехлоруванням на 27-ми станціях (17%);
- УФ знезараження на 53-х станціях (33%);
- озонування на 6-ти станціях (4%);

А якщо виділити тільки крупні станції (продуктивністю більше 100 тис. м³/сут), то виходить наступне:

- хлорування - 40%;
- хлорування з дехлоруванням - 23%;
- УФ знезараження - 50%;
- озонування - 10%.

Тобто, в країнах Європи і Північної Америки метод знезараження УФ випромінюванням для крупних станцій стає найпереважнішим.

Відомі і дуже крупні станції УФ знезараження, такі як в містах Міннеаполіс - 850 тис. м /добу, Калгарі - 1 млн. м /добу.

Широкомасштабні роботи по застосуванню УФ випромінювання для знезараження стічних вод в країнах СНД були розпочаті в кінці 80-х років. В роботах брали участь ведучі науково-дослідні, проектні і виробничі організації: НВО «ЛІТ», НДІ Гігієни ім.Ф.Ф.Ерісмана, НДІ ЕЧіГОС ім. А.Н. Сисіна, ГЦ РФ НДІ ВОДГЕО, АТ Ростовводоканалпроект, АТ «АвтоВаз» і ін.

Протягом тільки останніх 3 років більше ніж на 50 діючих очисних спорудах проведені дослідження по можливості застосування методу УФ знезараження і визначенню його технічних і експлуатаційних показників. На ряді об'єктів комунального господарства були створені і пройшли довготривалі випробування крупні досвідчено-промислові комплекси.

Результати наукових досліджень і досвідчено-промислових випробувань підтвердили технічну можливість і високу ефективність УФ

зnezараження в промислових умовах великих об'ємів виробничо-побутових стічних вод з показниками якості, які характерні для традиційних в країнах СНД комунальних очисних споруд каналізації, які експлуатуються за схемою повного біологічного очищення. УФ установки також можуть успішно застосовуватись для зnezараження виробничих стічних вод, що підтверджено відповідними дослідженнями на підприємствах нафтової, хімічної, енергетичної, харчової і інших галузей промисловості.

В даний час в країнах СНД УФ зnezараження стічних вод набуває все більше поширення (див. рис. 1).

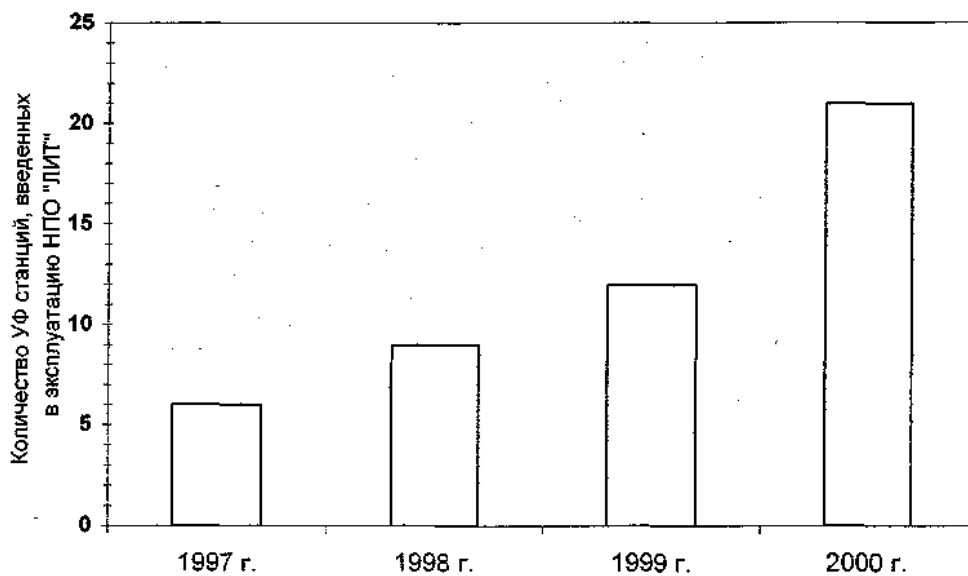


Рис.1. Кількість станцій УФ зnezараження стічної води, введених в експлуатацію НВО «ЛІТ».

В СНД експлуатується найбільша в Європі станція УФ зnezараження на очисних спорудах каналізації в Автозаводському районі м. Тольятті Самарської обл. продуктивністю 290 тис. м³/добу.

Виконана проектно-будівельна документація станції УФ зnezараження на міських очисних спорудах каналізації р. Самара продуктивністю 1 млн. м³/добу. В МП «Мосводоканал» розроблений проект концепції зnezараження очищених виробничо-побутових стічних вод на найбільших Московських станціях аерації (Люберецькій станції аерації продуктивністю 2,5 млн. м³/добу і Кур'янівській станції аерації продуктивністю 3,125 млн. м³/добу), в якому, на підставі рангової оцінки, як метод зnezараження рекомендовано застосування УФ випромінювання.

Мета статті. На підставі виконаного нами аналізу, досліджень та розрахунків запропонована нова технологія знезараження від бактерій та вірусів шахтних та стічних вод.

Аналіз основного матеріалу досліджень. Вже на початку ХХ-го століття в перших роботах по дослідженню дії УФ на живі організми був знайдений оптимум довжин хвиль для інактивації мікроорганізмів, який знаходиться в області 250-266 нм, і була побудована крива бактерицидної дії.

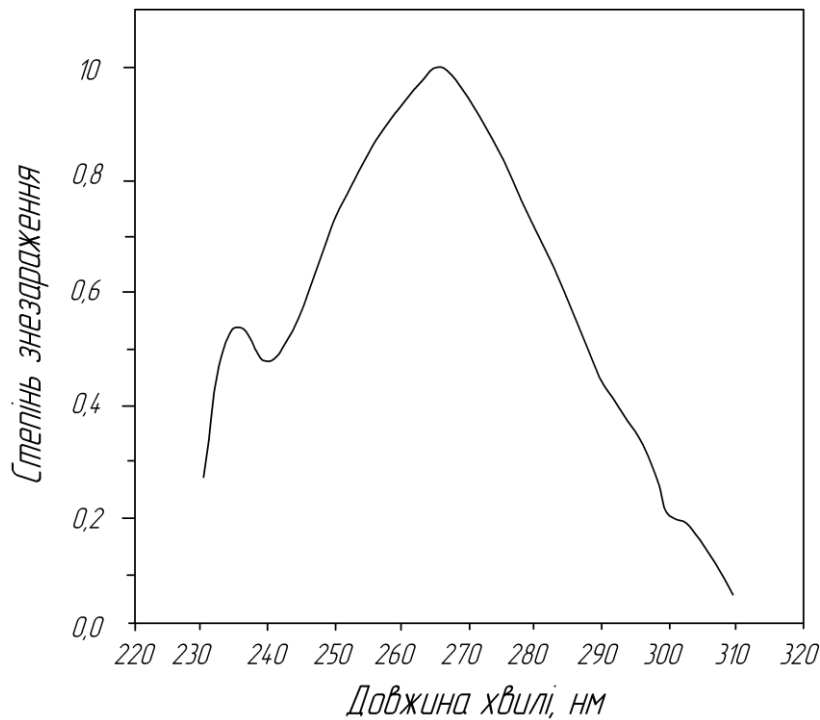


Рис. 2. Крива бактерицидної дії ультрафіолета.

Розуміння механізму УФ знезараження було досягнуте в 60-х роках при зіставленні дії УФ з реакціями, що відбуваються в молекулах ДНК. Із співвідношення між кривою бактерицидної дії УФ і спектром поглинання ДНК і протеїну (рис. 3) видно, що інактивація бактерій відбувається в основному за рахунок необоротних пошкоджень ДНК.

Головну роль при цьому грає утворення тімінових і піримідинових димерів, відповідальних за летальне пошкодження ДНК, а також піримидін-піримідинові і пурін-піримідинові оддукти, зухвалі мутації. Крім того, при УФ опромінюванні утворюються міжниткові зшивання і одониткові розриви молекул ДНК. Енергії одного кванта короткохвильового УФ недостатньо для розриву ланцюга або зшивання, тому ці процеси є східчастими. Наголошується пошкодження РНК в бактеріях, внаслідок чого відбувається уповільнення синтезу. При дії УФ на білки найвірогіднішим є пошкодження клітинних мембран.

Формула для ступеня знезараження виглядає таким чином:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-k \cdot I \cdot t}, \quad (1)$$

де N_0 – кількість клітин до опромінювання;
 N – кількість клітин після опромінювання;
 I – інтенсивність УФ випромінювання;
 t – час опромінювання;
 k – коефіцієнт, який залежить від виду мікроорганізмів.

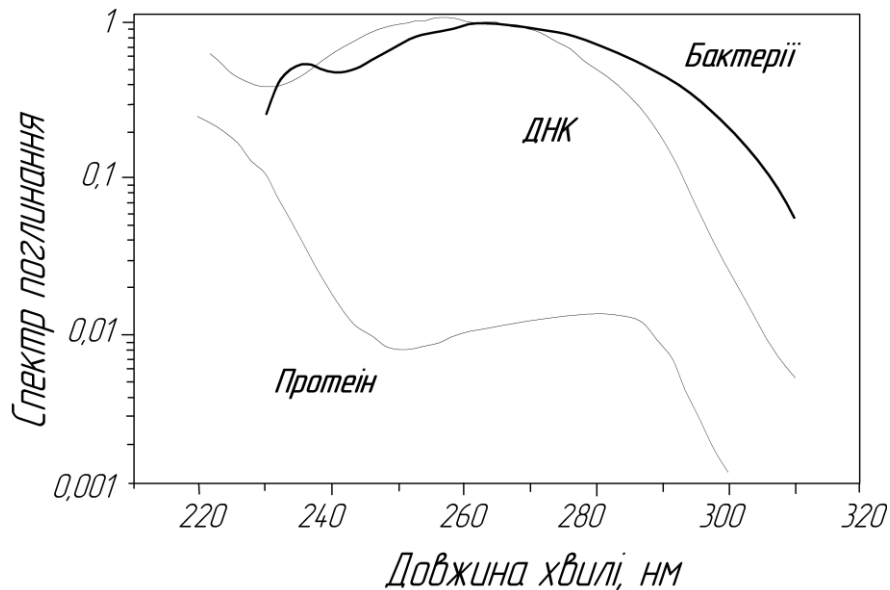


Рис. 3. Крива бактерицидної дії УФ і спектри поглинання ДНК і протеїну.

Опірність багатьох типів мікроорганізмів до УФ випромінювання міняється значно від малих доз для бактерій до дуже великих доз для спор. Більш того, оточуюче мікроорганізми середовище дуже впливає на необхідну дозу. Наприклад, для інактивації *Escherichia coli* у воді потрібна доза в 5-10 разів більше, ніж в повітрі. Для того, щоб поруйнувати мікроорганізм, УФ квант повинен поглинутися ДНК, РНК або білком, що знаходиться усередині мікроорганізму. Звичайно грам-позитивну бактерію з товстою капсулою протоплазми набагато складніше знищити, ніж грам-негативну бактерію з тонкою капсулою. В більшості випадків мікроорганізми по ступеню опірності до УФ розташовуються таким чином: вегетативні бактерії < віруси < бактерійні спори < цисти < найпростіші.

Доза опромінювання (або кількість енергії, яка передається мікроорганізмам) є головною характеристикою установки УФ знезараження.

$$D = I \cdot t \quad (2)$$

Вона залежить від середньої інтенсивності (I) опромінювання і часу знаходження під опромінюванням (t).

Наступне рівняння є добрим першим наближенням, що описує інактивацію мікроорганізмів залежно від прикладеної дози опромінювання.

$$\frac{N}{N_0} = e^{-k \cdot D}. \quad (3)$$

Проте, безпосередні вимірювання, проведені на реальних стічних водах, показують залежність, сильно відмінну від теорії (рис. 4).

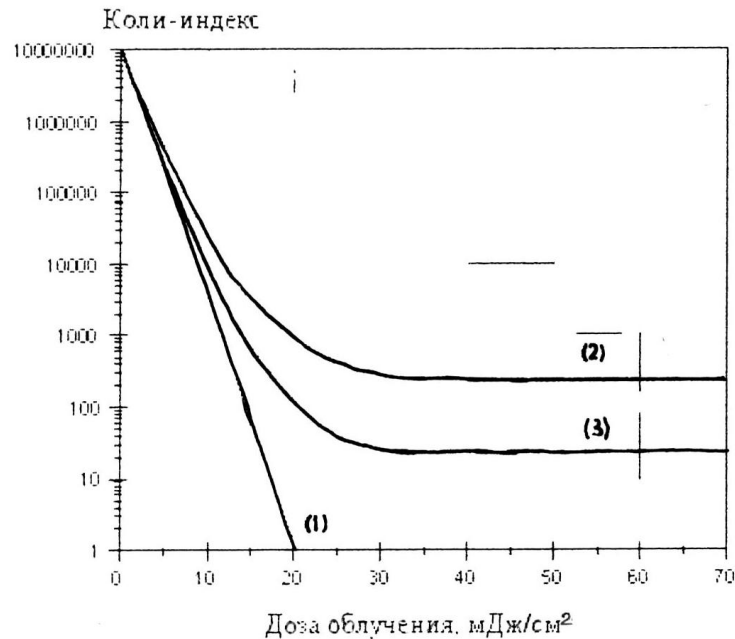


Рис. 4. Залежність коли-індекса стічної води від дози УФ випромінювання.

Пряма 1 є теоретичною, згідно приведеному вище рівнянню, а криві 2 і 3 — експериментальна залежність для стічної води, що пройшла відповідно очищення (2) і доочистку (3).

Основними джерелами УФ випромінювання, вживаними в технології УФ дезинфекції, є газорозрядні лампи, заповнені сумішшю парів ртуті та інертних газів.

Відомо, що УФ випромінювання поглинається водою і розчиненими в ній речовинами. При цьому інтенсивність падає у міру проникнення променя вглиб рідини. Послаблення пучка описується законом Бугера-Ламберта-Бера.

Ефективність знезараження залежить від коефіцієнта пропускання УФ випромінювання водою на довжині хвилі 254 нм, а також від концентрації забруднюючих речовин. Коефіцієнт пропускання визначає середню інтенсивність УФ випромінювання в камері знезараження УФ установок. Коефіцієнт пропускання визначає частку УФ випромінювання довжиною хвилі 254 нм, що пропускається шаром води товщиною в 1 см, і складає 40-70

% для очищених стічних вод і 50-80 % для доочищених стічних вод. Чим більше коефіцієнт пропускання, тим більше середня інтенсивність УФ випромінювання і, отже, більше доза УФ опромінювання, вище ефект знезараження.

При підвищеній концентрації зважених речовин можливо зниження ефекту знезараження, що вимагає збільшення дози УФ опромінювання для забезпечення необхідних показників.

Наявність в оброблюваній воді великої кількості органічних речовин, наприклад, нафтопродуктів робить вплив на тривалість міжпромивального періоду кварцових чохлаів, який може мінятися від одного до чотирьох місяців.

Основною задачею при виборі УФ устаткування є визначення ефективної дози УФ випромінювання, достатньої для знезараження конкретних стічних вод до мікробіологічних показників якості, які вимагаються нормативами.

Розробка УФ систем великої продуктивності вимагає комплексного наукового і технологічного підходу до розробки і упровадження методу УФ знезараження стічних вод.

Для забезпечення найбільшої ефективності при упровадженні технології УФ знезараження процес розробки і упровадження повинен включати наступні етапи:

1. Оцінка особливостей експлуатації і показників якості води.
2. Вимірювання основних характеристик, що визначають ефективність УФ знезараження.
3. Розрахунки і вибір типу УФ устаткування.

Висновки:

1. УФ опромінювання летально для більшості водних бактерій, вірусів, спор і простіших. Воно знищує збудників таких інфекційних хвороб, як тиф, холера, дизентерія, вірусний гепатит, поліомієліт і ін. УФ випромінювання інактивує навіть ті віруси, які не піддаються дії хлора.

2. На відміну від хлорування і озонування, після дії УФ у воді не утворюється шкідливих органічних сполук навіть у разі багатократного перевищення необхідної дози. Це, зокрема, дозволяє значно спростити контроль за процесом знезараження і не проводити аналізи на визначення вмісту у воді остаточної концентрації дезинфектанта.

3. УФ випромінювання не впливає на органолептичні властивості води.

4. Час обеззараження при УФ опромінюванні складає 1-10 секунд в проточному режимі, тому відсутня необхідність в створенні контактних місткостей.

5. Метод безпечний для людей, відсутня необхідність створення складів токсичних хлорвміщуючих реагентів, що вимагають дотримання спеціальних заходів технічної і екологічної безпеки, що підвищує надійність систем водопостачання і каналізації в цілому.

6. УФ устаткування компактне, вимагає мінімальних площ, його упровадження можливе в діючі технологічні процеси очисних споруд без їх зупинки, з мінімальними об'ємами будівельно-монтажних робіт.

7. Простота в експлуатації. Потрібне тільки періодичне очищення поверхні кварцових чохлаів і заміна ламп у міру вироблення ресурсу, не потрібне застосування допоміжних пристроїв і спеціального обслуговуючого персоналу.

8. Для знезараження УФ випромінюванням характерні більш низькі, ніж при хлоруванні і тим більше, озонуванні експлуатаційні витрати. Це пов'язано з порівняно невеликими витратами електроенергії (в 3-5 разів меншими, ніж при озонуванні); відсутністю потреби в дорогих реагентах; рідкому хлорі, гіпохлориті натрію або кальцію, а також у відсутності необхідності в реагентах для дехлорування.