

5. Khankhasaeva S. Ts., Dambueva D. V., Dashinamzhilova E. Ts., Gil A., Vicente M. A., Timofeeva M. N. Fenton degradation of sulfanilamide in the presence of Al, Fe-pillared clay: Catalytic behavior and identification of the intermediates. *Journal of Hazardous Materials*. 2015. 293. P. 21-29. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.03.038>.
6. Ivanova, D.; Tzvetkov, G.; Kaneva, N. Degradation of Paracetamol in Distilled and Drinking Water via Ag/ZnO Photocatalysis under UV and Natural Sunlight. *Water*. 2023. 15, 3549. <https://doi.org/10.3390/w15203549>.

ІНОВАЦІЙНІ ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАПОРУКА ВІДНОВЛЕННЯ ВОДНОЇ ГАЛУЗІ КРАЇНИ

Мокієнко А.В.

Національний університет «Острозька академія»

Внаслідок війни водна інфраструктура України зазнала збитків, оцінених у 11 мільярдів доларів США, і потребує комплексної модернізації на суму понад 40 мільярдів доларів США. Водний сектор України несе складну спадщину інфраструктури та інституційних домовленостей радянської епохи. Ця спадщина проявляється у глибоко фрагментованій структурі управління, де понад 2550 окремих водоканалів працюють за різними моделями власності, нормативно-правовими базами та технічними стандартами.

Зобов'язання України щодо інтеграції з ЄС стикаються зі значними структурними викликами, які виходять далеко за рамки простої модернізації інфраструктури. Існує величезний розрив у стандартах між поточними можливостями інфраструктури і стандартами якості води та навколишнього середовища ЄС, що вимагає не лише інвестицій, а й фундаментальної операційної трансформації.

Президент Асоціації «Укрводоканалекологія» Дмитро Новицький на Львівському екофорумі 2025 у вересні поточного року висловився досить безапеляційно: «Без технологій та оновлення інфраструктури всі реформи залишаться на папері. Сьогодні більшість насосних станцій – це обладнання 30–40-річної давнини. Мережі зношені, втрати води сягають 40%, а очисні споруди не відповідають жодним директивам ЄС. Саме тому ми повинні впроваджувати енергоєфективні рішення, цифрові системи моніторингу та управління, інтелектуальні прилади обліку».

Для забезпечення високої якості послуг необхідно здійснити кілька важливих кроків, зокрема гармонізувати нормативно-правові акти з європейськими, покращити моніторинг якості води та обмін даними, інвестувати в модернізацію інфраструктури водопідготовки та розподілу води, збільшити фінансування та розбудову потенціалу водоканалів. Дані кроки передбачають необхідність врахування світового досвіду із впровадження інноваційних технологій.

Група спеціалістів контрольно-вимірювальних приладів, контролю та автоматизації (ІСА) — це міжнародний форум обміну знаннями, методологіями та досвідом з усіх аспектів ІСА для систем водопостачання та водовідведення. ІСА прагне надати інструменти моніторингу, зв'язку, аналізу даних і контролю, необхідні для роботи з поточними та майбутніми технологічними інноваціями для водопостачання та водовідведення.

ІСА стає все більш повсюдним у водній промисловості і може забезпечити абсолютно новий рівень водопостачання з вищими можливостями, продуктивністю, стійкістю та надійністю. Кінцеві цілі ІСА полягають не тільки в тому, щоб підтримувати

працездатність галузевих активів і відповідати вимогам до продукції, наприклад, щодо якості стоків, але й робити це ефективно та результативно, збалансовуючи інвестиційні та експлуатаційні витрати, надійність, якість та турботу про навколишнє середовище в оптимальній роботі з використанням відповідної технології.

Сьогодні в галузі починається перехід до можливої цифрової трансформації, що робить роль ІСА дедалі важливішою. Зростаючий обсяг даних стає викликом для галузі, включаючи необхідність розвитку аналітики даних та інформації.

До цього додаються проблеми визначення доступної технології для вирішення проблем, з якими стикається водна промисловість, тобто підбору технології до застосування.

Незважаючи на рух до цифрової трансформації, деякі основи в галузі залишаються проблемою, наприклад базові методи встановлення та обслуговування. Для цього в галузі потрібні дослідження та розробка належної практики, а також більш ефективного використання систем ІСА для реалізації переваг.

Потрібні додаткові дослідження та розробки щодо практичних аспектів систем ІСА та того, як ці системи можуть ефективно працювати. Наприклад, спостерігається збільшення кількості сенсорних систем для візуалізації мережі збору, але наразі недостатньо відомо, як працюють ці системи.

Аналіз даних літератури щодо досліджень діоксиду хлору як дезінфектанту дозволяє сформулювати майже однакову думку провідних експертів у цій сфері, що, незважаючи на використання надсучасних методів досліджень і експоненціальний ріст публікацій, діоксид хлору є найменш вивченим реагентом.

За останні 20 років автор прийняв активну участь у написанні та виданні трьох книг з діоксиду хлору (Мокієнко А.В., Петренко Н.Ф., 2005; Мокієнко А.В., Петренко Н.Ф., Гоженко А.І., 2012; Мокієнко А. В., 2021). У поточному 2025 році автор задепонував в репозитарії Національного університету «Острозька академія» нову монографію, в якій виконано детальний аналіз фундаментальних хімічних реакцій діоксиду хлору, які є основою його біоцидної ефективності (Діоксид хлору. Том 1. Хімія. https://eprints.oa.edu.ua/id/eprint/9664/1/Dioksyd_hloru_T.1.pdf).

Фрагмент монографії, присвячений утворенню і участі вільного активного хлору як вторинного окиснювача під час дезінфекції діоксидом хлору, є надважливою хіміко-біологічною парадигмою, яка свідчить про наступне: діоксид хлору головним чином відповідає за пошкодження мембрани, завдяки чому утворений вільний активний хлор як вторинний окиснювач викликає пошкодження цитоплазми.

Сформульована ідея знайшло переконливе підтвердження у наступній книзі «Діоксид хлору. Том 2. Мікробіологія».

Висловлено думку, що діоксид хлору інактивує бактеріальні клітини не шляхом лізису, а шляхом дифузії через зовнішні та цитоплазматичні мембрани, збільшуючи їхню проникність та викликаючи вивільнення життєво важливих компонентів клітин, що, по суті, призводить до їхньої інактивації.

Встановлено високий біоцидний ефект діоксиду хлору по відношенню до актуальних збудників нозокоміальних інфекцій (*P. aeruginosa*, *S. aureus* та гриби роду *Candida*) при їх циркуляції у воді із систем водопостачання лікарняних закладів (Мокієнко А.В., 2009).

Кінетика інактивації вірусів має дві фази: початкову фазу швидкої інактивації, за якою слідує фаза хвоста. Швидкість інактивації вірусів зростає зі збільшенням рН або температури, але демонструє різні тенденції зі збільшенням концентрації розчиненої органічної речовини (DOM). Пошкодження вірусних білків та 5'-некодуючої області в

геномі сприяють інактивації вірусу після дезінфекції діоксидом хлору. Загалом, діоксид хлору спричиняє деструкцію вірусного білка капсиду та дефрагментацію РНК або ДНК.

Встановлено високу віруліцидну ефективність діоксиду хлору по відношенню до значущих вірусних контамінантів питної води (поліовірусу, аденовірусу, вірусу Коксакі, вірусу ЕСНО) та вірусу пташиного грипу (Мокієнко А.В., 2009).

Узагальнення даних літератури щодо біоцидної ефективності діоксиду хлору показало наступне. Рівні інактивації найпростіших (ооцист *Cryptosporidium parvum*, цист *Nagleria gruberi*) діоксидом хлору та озоном майже ідентичні. Показано, що головний механізм інактивації діоксидом хлору бактеріальних спор полягає у пошкодженні внутрішньої мембрани спори. Виявлено, що альгацидна дія діоксиду хлору полягає у впливі і на структури захисного покриття клітини, і на внутрішньоклітинні компоненти. Встановлено, що діоксид хлору руйнує клітинну мембрану спор грибів, що призводить до їх інактивації. Узагальнено результати досліджень впливу діоксиду хлору і хлориту (як побічного продукту) на біоплівки. Обґрунтовано необхідність забезпечення залишкової концентрації діоксиду хлору у питній воді з водорозподільних мереж.

Висновок.

Наведені приклади (цифрова трансформація та діоксид хлору) ілюструють глибоке переконання автора, висловлене у курсі лекцій «Актуальні водні проблеми. Інноваційні водні технології» (https://eprints.oa.edu.ua/id/eprint/9666/1/Vodni_Tehnologii_lekcii.pdf) у необхідності уже зараз акцентувати увагу на перспективі відновлення водопровідно-каналізаційної галузі після закінчення війни. Європейський вектор розвитку країни передбачає докорінні зміни всієї інфраструктури, у тому числі, а точніше, у першу чергу, водної. Із безумовним врахуванням, по-перше, існуючого світового досвіду, який дуже швидко оновлюється; по-друге, накопичення додаткових природних та техногенних ризиків.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ КАЛЬЦІЮ ГІДРОКСИДУ З АЛЮМІНІЮ СУЛЬФАТОМ ДЛЯ ОТРИМАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ КОАГУЛЯНТІВ У КАВІТАЦІЙНИХ ПОЛЯХ

Мороз О.М., Знак З.О., Мних Р.В.

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна, м. Львів
oleksandr.m.moroz@lpnu.ua*

У технологіях очищення поверхневих і стічних вод, що містять частинки різного ступеня дисперсності традиційно використовують залізні та алюмінієві коагулянти. Серед них більшою коагуляційною здатністю характеризуються гідроксосолі. Попередніми дослідженнями показано, що їх отримання можливо у разі контрольованого додавання до розчинів солей алюмінію чи заліза суспензії кальцію гідроксиду або навпаки. При цьому утворені гідроксосолі відіграють роль коагулянтів, а непрореаговані частинки кальцію гідроксиду – центрів коагуляції та реагентів, здатних взаємодіяти з деякими поллютантами, які присутні у стічних водах, наприклад, солями жирних кислот. Однак, враховуючи дуже низьку розчинність кальцію гідроксиду (близько 1,5 г/дм³), ступінь використання цього реагенту низький за низької швидкості відповідного гетерогенного процесу.