

Боліла Єлизавета Миколаївна

студентка

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Болила Елизавета Николаевна

студентка

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Bolila Yelyzaveta

student

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ЗА ДОПОМОГОЮ ОЗОНУ

ОЧИСТКА ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ОЗОНА

THE CLEANING OF WATER BY USING OZONE

Анотація. Стаття присвячена висвітленню сутності та змісту процесу очищення води за допомогою озону. Проаналізовано види забруднень води, процес озонування, його переваги та недоліки, галузі використання очистки води за допомогою озону. Автором запропоновано нову альтернативну схему озонування води.

Ключові слова: озон, озонування води, озонатор, апаратурна схема.

Аннотация. Статья посвящена освещению сущности и содержания процесса очистки воды с помощью озона. Проанализированы виды загрязнений воды, процесс озонирования, его преимущества и недостатки, области использования очистки воды с помощью озона. Автором предложена новая альтернативная схема озонирования воды.

Ключевые слова: озон, озонирование воды, озонатор, аппаратурная схема.

Summary. The article is devoted to highlighting the nature and content of the process water treatment using ozone. Analyzed the types of pollution of water ozonation process, its advantages and disadvantages and the use of water treatment using ozone. The author proposes a new alternative scheme water ozonation.

Key words: ozone, water ozonation, ozone, hardware circuits.

Вступ. На сьогодні промисловість досягла небачених раніше висот. Неухильно стрімким є розвиток науки, медицини, техніки та абсолютно всіх видів промисловості. Він, у свою чергу, призвів до такого ж стрімкого забруднення навколишнього середовища. У результаті діяльності людей гідросфера змінюється як кількісно, так і якісно. Кількісно — це зменшення кількості води, придатної для використання, якісно — це забруднення. Проблема полягає у знаходженні ефективного та універсального способу очищення води від різних забруднень. У природі немає таких видів мікробів, які з часом можуть стати стійкими до озону, а газ, що залишився після процесу очищення, має властивість швидко перетворюватися на кисень O₂, саме тому даний спосіб є досить актуальним, осо-

бливо враховуючи сучасні проблеми екології. Саме тому, **метою** статті є розгляд існуючих основних методів змішування озону з водою та подальша розробка оптимальної схеми озонування води з максимальною інтенсифікацією процесу.

Необхідно чітко визначити які типи забруднень існують. Серед останніх розрізняють: фізичне, хімічне, біологічне та теплове.

Фізичне забруднення води відбувається внаслідок накопичення в ній нерозчинних домішок — мулу, піску, глини, в результаті змивання дощовими водами з розораних ділянок (полів); надходження суспензій з підприємств гірничорудної промисловості тощо. Тверді частинки знижують прозорість води, погіршують смакові якості води, пригнічують розвиток

водяних рослин та інших водяних тварин, а також взагалі роблять її непридатною для споживання.

Хімічне забруднення відбувається через надходження у водойми зі стічними водами різних шкідливих домішок неорганічного (мінеральні солі, кислоти, луги) та органічного (нафта й нафтопродукти, миючі засоби, пестициди) складу. Шкідлива дія токсичних речовин, що потрапляють у водойми, посилюється за рахунок акумулятивного ефекту (збільшення шкідливих сполук у кожній наступній ланці трофічного ланцюга). Так, у фітопланктоні концентрація шкідливої сполуки часто виявляється в десятки разів вищою, ніж у воді, у зоопланктоні (личинки, дрібні рачки тощо) — в десятки разів вища, ніж у фітопланктоні, в рибі, яка харчується зоопланктоном, — ще в десятки разів вищою. Особливої шкоди водоймам завдають нафта й нафтопродукти, які утворюють на поверхні води плівку, що перешкоджає газообмінові між водою та атмосферою й знижує вмісту воді кисню. У результаті розливу 1 т нафти плівкою покривається 12 км² води. Згустки мазуту, осідають на дно, вбивають донні мікроорганізми, які беруть участь у процесі самоочищення води. Внаслідок гниття даних осадів, забруднених органічними речовинами, виділяється сірководень, який в свою чергу отрує всю воду в річці чи озері. [1, 2]

До основних забруднювачів води належать хімічні, нафтопереробні й целюлозно-паперові комбінати, великі тваринницькі комплекси, гірничорудна промисловість. Серед забруднювачів води особливе місце посідають синтетичні миючі засоби. Ці речовини надзвичайно стійкі, зберігаються у воді роками.

Біологічне забруднення води полягає у надходженні до неї зі стічних вод різних мікроорганізмів, спор грибів, яєць гельмінтів тощо, які спричиняють появу та розвиток різних хвороб у людей, тварин і рослин. Комунально-побутові стоки є найбільшими біологічними забруднювачами, а також стоки цукрових заводів, м'ясокомбінатів, підприємств з обробки шкір, деревообробних комбінатів.

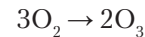
Теплове забруднення води відбувається внаслідок спускання у водойми підігрітих вод від ТЕС, АЕС та інших енергетичних об'єктів. Тепла вода змінює термічний і біологічний режими водойм та спричиняє поганий вплив на їхніх мешканців. Як показали дослідження гідробіологів, вода, нагріта до температури 26–30 °С, пригнічує життєдіяльність мешканців водойм. Риба гине якщо температура води піднімається до 36 °С. АЕС скидають у водойми найбільшу кількість теплої води. [3]

Що ж, після більш детального розгляду видів забруднення води ми можемо оцінити масштаби їхнього руйнівного впливу, та маємо визначити як можна використати озон для поліпшення і так досить невтішної ситуації.

Визначення та історія виникнення озону

Озон — це газ синього кольору з різким характерним запахом. За хімічною будовою є молекулою, що складається з трьох атомів кисню. У природних умовах озон виникає біля водоспадів, кромки прибою, при грозі та поблизу працюючого електроустаткування, а також при дії ультрафіолетового випромінювання чи електричного розряду на повітрі. У промислових цілях озон виробляється особливими генераторами, заснованими на коронному розряді або на основі ультрафіолетових ламп, що викликають фотодисоціацію кисню і утворення озону. Озон присутній у малій частині, навіть у нижніх шарах атмосфери; в іншому випадку озон перебуває в стратосфері. [4]

Озон утворюється з молекул кисню (O₂) у безпосередній близькості від ураження електричним струмом, іскри, удару блискавки, за реакцією:



Реакція утворення озону є ендотермічною.

Озон не є стабільним протягом тривалого часу і тому не виробляється і продається в балонах, як і інші промислові гази. Його, як правило, отримують завдяки спеціальним генераторів озону, які перетворюють кисень повітря в озон за допомогою електричних розрядів.

Озонатор — пристрій для отримання озону (O₃). Озон є алотропною модифікацією кисню, що містить в молекулі три атома кисню. У більшості випадків вихідною речовиною для синтезу озону виступає молекулярний кисень (O₂). Це нелінійний елемент, так як струм, що протікає через озонатор є нелінійною функцією прикладеної напруги до електродів. [5]

Області застосування озонаторів води:

- знезараження води при значному бактеріальному забрудненні водні джерела, в першу чергу при наявності у воді патогенних мікроорганізмів — ентеровірусів і цист лямблій, стійких до дії реагентів, які містять хлор;
- поліпшення органолептичних показників якості питної води, усунення присмаків і запахів ґрунту, цвілі, трави, риби тощо. Видалення специфічного запаху і присмаку, з'являються при підвищених концентраціях планктону, а також виділяються планктоном отруйних речовин;
- очищення підземних вод від підвищених концентрацій заліза і марганцю, видалення сірководню. [6]

Озонування стічних вод

Озонування є багатофункціональним і універсальним методом очищення стоків і підготовки води.

Окислення забруднюючих речовин можливо тільки розчиненим озоном. Тому ефективність деструкції інгредієнтів буде залежати від умов змішування озону з рідиною і характером останньої.

При нормальному атмосферному тиску розчинність озону у воді при температурі, близькій до 0 °С, становить 1,05 г/л (тобто в 1 л води розчиняється 0,49 л озону), а при температурі 20 °С — 0,62 г/л (0,29 л озону в 1 л). Суттєве значення для розчинення і пов'язаного з ним показника ефективності використання озону має спосіб подачі і змішування газу з рідиною. З метою збільшення тривалості контакту між озоном і забруднюючими речовинами крім ежекторів використовується ємнісний реактор озонування, де відбуваються процеси розчинення-розкладання залишкового озону. [7]

Озонування води безпосередньо перед її розливом (фінішне озонування)

Насичення озоном попередньо очищеної і підготовленої продуктової води безпосередньо перед входом в розливну машину (фінішне озонування) на відносно короткий час надає воді дезінфікуючі властивості. В результаті озон не тільки знищує бактерії у воді, але і стерилізує внутрішню поверхню тари, кришки і повітряний зазор між кришкою і тарою, а також трубопроводи лінії розливу. Після закупорювання проходить кілька годин, протягом яких озон повністю перетворюється в кисень. Після цього продукт готовий до реалізації і залишається стерильним до початку його споживання.

Крім того, все обладнання, яке контактує з озонуваною водою, — трубопроводи, ємності, розливна машина — піддається дезінфекції безперервно протягом усього циклу розливу і з точки зору мікробіології знаходиться в ідеально чистому стані.

Таким чином, застосування озону на заключній стадії процесу, а саме при розфасовці вже підготовленої (очищеної і попередньо знезараженої) води дозволяє вирішити наступні завдання:

- придушення вторинного мікробіологічного забруднення води в результаті попадання в продуктову воду частинок з повітря робочої зони, зі стінок тари і устаткування, що стикаються з продуктовою водою;
- додаткова дезінфекція тари, підготовленої до розливу, обполіскуванням озонуваною водою.

Очищення води з використанням озону може з успіхом застосовуватися не тільки для бутильованої води, але також для лимонадів, напоїв типу пепсі-коли і, нарешті, у виробництві пива та лікєро-горілчаної продукції.

Серед відомих властивостей газу є те, що він найсильніший окислювач (окисляє як неорганічні, так і органічні речовини, що знаходяться у воді). Озон — це єдиний дезінфектант, який не надає воді додаткових присмаків і запахів, так як після реакції окислення швидко розкладається. У процесі такого розкладання озон збагачує воду киснем, що покращує її смакові якості. При окисленні озоном органічних сполук не утворюється будь-яких небезпечних для здоров'я вторинних продуктів. Також

озон не змінює рівень рН води і не видаляє з неї необхідні організму іони — Са, Mg, К, Na і т.п. Застосування озону дозволяє значно знизити або зовсім виключити збитки, пов'язані з псуванням продукту (поява осаду, запаху і присмаку) і продовжити термін його зберігання (реалізації). У виробництві і розливі напоїв озонувана вода використовується також для промивання та стерилізації розливних ліній і накопичувальних танків, ополіскування пляшок безпосередньо перед наповненням. [7]

Озонування води має і ряд недоліків. Наприклад досить висока вартість озонаторів; озон дуже погано руйнує фенольні сполуки.

Основні методи змішування озону з водою

Існує два основні методи змішування озону з водою: барботування та ежектування.

Барботування — це спосіб пропускання газу крізь шар рідини за допомогою трубок, підведених до дна резервуара. Дана технологія зустрічається дуже часто в побуті та промисловості, кожен з вас міг бачити, як насичують киснем воду в акваріумах, коли на дні акваріума прокладені перфоровані трубки, з яких йдуть бульбашки повітря, що подається компресором.

Ежектування — даний метод дозволяє проводити озонування води в потоці і вбудовувати озонатор в технологічну лінію з застосуванням високого тиску. Змішування відбувається за допомогою спеціального пристрою — ежектора (гідроструйний насос).

Змішування методом ежектування може застосовуватися як з контактною ємністю (для найкращого розчинення, змішування і збільшення часу обробки води — застосовується на лініях водоочищення), — так і без контактної ємності, вихід води відразу з ежектора, застосовується для озонування води в потоці.

Щоб інтенсифікувати процес озонування та збільшити його ефективність запропонуємо нову оптимізовану конструкцію для озонування води. Для досягнення поставленої мети, розроблено оптимізований озонатор (рис. 1), який враховує всі основні характеристики, що впливають на розчинення озону. А саме:

- завдяки компресору збільшується зовнішній тиск (як відомо, чим більший зовнішній тиск, тим краще відбувається змішування);
- за допомогою перегородок у корпусі озонатора збільшується час проходження бульбашок через шар води (чим довше бульбашка контактує з водою, тим більше озону розчиняється);
- для забезпечення необхідної температури води, що знаходиться у корпусі, використовуємо охолоджуючу сорочку (як відомо, чим нижча температура води, тим краще розчинення озону у ній);
- задля збільшення поверхні контакту бульбашок озону з водою, що призведе до значної інтенсифікації

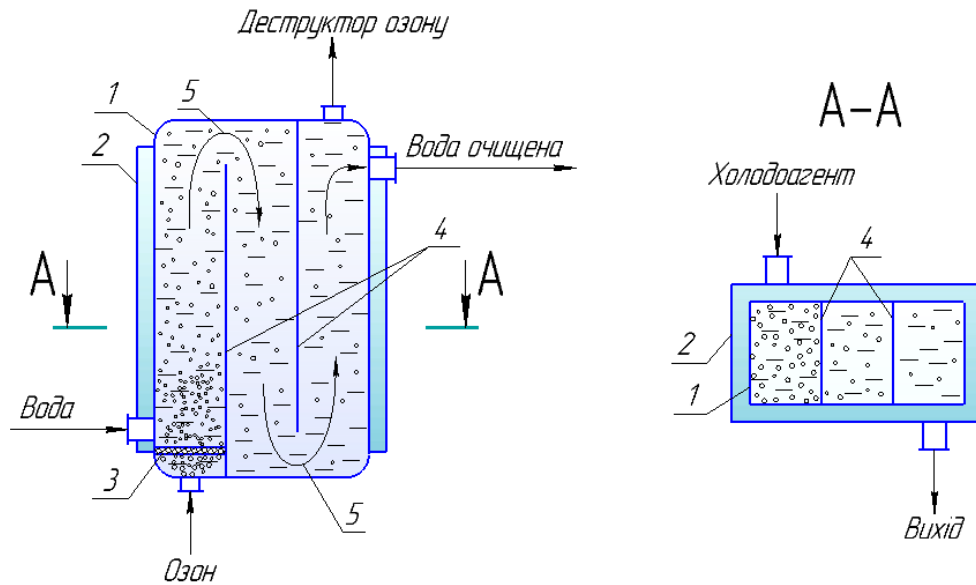


Рисунок 1. Схема озонатора

процесу та зробить легшим розчинення, використовуємо фільтросну пластину.

Дана конструкція представлена на рисунку 1.

На рисунку 1: 1 – корпус, 2 – охолоджуюча сорочка, 3 – фільтросна пластинка, 4 – перегородки, 5 – потоки рідини.

Принцип дії. З генератора озону через компресор подається озон у корпус, де газ проходить через фільтросну пластину та змішується з водою. Вода з бульбашками озону рухається по корпусу з перегородками. Відбувається процес розчинення газу у воді, та її очищення. Далі, уже очищена вода виходить з корпусу, а озон рухається до деструктора озону (або викидається у атмосферу). Під час даного процесу до охолоджуючої сорочки подається холодоагент, який забезпечує зниження температури води усередині корпусу, та рухається на вихід. Також слід зауважити, що корпус має заокруглені форми, для уникнення застійних зон.

Висновки. Запропоновано нову, альтернативну та оптимізовану конструкцію озонатора, яка враховує всі особливості основних характеристик, що впливають

на розчинення озону у воді. Новизна полягає у використанні охолоджуючої сорочки з холодоагентом, яка допомагає підтримувати необхідну температуру води у корпусі (1–4 °С), адже температура має значний вплив на розчинення газу у воді. Також підвищує ефективність процесу очищення, – встановлена фільтросна пластинка на вході озону до корпусу. Вона допомагає зменшити об'єм бульбашок газу та збільшити їх кількість, що призводить до збільшення площі контакту газу з водою. Так як озон подається через компресор, збільшується зовнішній тиск, а отже, змішування відбувається швидше та краще. У корпусі розташовані дві перегородки для збільшення часу перебування бульбашок газу у воді. Отже, теоретично процес відбувається інтенсивніше та ефективніше, збільшена швидкість розчинення, затрати часу мінімальні відносно якості очищення води. Запропонована конструкція може використовуватись для очищення стічних вод, у медицині, у побуті, також може з успіхом застосовуватися не тільки для бутильованої води, але також у виробництві пива, лимонадів та лікоро-горілчаної продукції.

Література

1. Левківський С. С. Рациональное використання і охорона водних ресурсів [Текст] / С. С. Левківський, М. М. Падун. – К.: Либідь, 2006. – 280 с.
2. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії: Підручник. [Електронний ресурс] / В. К. Хільчевський, В. І. Осадчий, С. М. Курило. – К.: Ніка-Центр, 2012. – 312 с.
3. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона [Електронний ресурс] / За ред. В. К. Хільчевського. – К.: ВПЦ «Київський університет». 2015. – 154 с.
4. Мала гірнича енциклопедія [Текст]: у 3-х т. / За ред. В. С. Білецького. – Д.: Східний видавничий дім, 2004–2013.
5. Луин В. В. Физическая химия озона [Текст] / В. В. Луин, М. П. Попович, С. Н. Ткаченко. – М.: МГУ, 1998. – 480 с.
6. Series in Plasma Physics: Non-Equilibrium Air Plasmas at Atmospheric Pressure [Text] / Edited by K. H. Becker, U. Kogelschatz, K. H. Schoenbach, R. J. Barker; Bristol and Philadelphia: Institute of Physics Publishing Ltd, 2005. ISBN0-7503-0962-8.
7. Mordecai V. Rubin The history of ozone. IV. The isolation of pure ozone and determination of its physical properties [Text] / Mordecai V. Ruben. – «Bull. Hist. Chem». 29 (2). – 2004. – s. 99–106.