

О. С. ГЕТТА

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ СТИЧНИХ ВОД ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ОЗОНУВАННЯМ ШЛЯХОМ ОЧИЩЕННЯ (ЗНЕЗАРАЖЕННЯ)

Розглядається сучасний метод знезараження бактерій стічних вод виробництва картопляних чіпсів озонуванням, для повторного використання стічних вод. У стічні води під час миття овочем, а також після – під час очищення, нарізки та підготовки до переробки, потрапляють соки овочів, які переробляються. Це призводить до підвищення БСК та ХСК стічної води, що потребує очищення. Якщо вода потрапляє в каналізацію, то показники ХСК та БСК повинні відповідати встановленим нормам до водовідведення. Інакше виникає ситуація, коли розкладання органічних речовин. Очищення від органічних домішок на міських спорудах здійснюється з використанням біологічних методів очищення, що практично неможливо використати на території діючого промислового підприємства. У статті розглянутий аналіз літературних даних та відомостей про метод озонування. Дослідження виконувались на модельних стічних водах, які містили завислі речовини, БПК (біологічне споживання кисню), ХСК (хімічне споживання кисню) та ЗМЧ (загальне мікробне число) в кількості, яка відповідала усередненому вмісту цих показників у реальних стічних водах на підприємствах після миття овочем. Для вторинного використання стічної води у виробництві необхідно не тільки її очистити від завислих часток до стану прозорої води, але й передбачити можливість розвитку небажаних мікробіологічних процесів внаслідок біологічного розкладання розчинних органічних речовин. Наслідки забруднення можуть бути дуже різноманітними для здоров'я людини. Це обумовлює необхідність пошуку методів ефективного знезараження очищеної циркулюючої води. І як результат досліджень виявив, що озонування потрібно застосовувати для знезараження бактерій.

Ключові слова: стічні води підприємств харчової промисловості, негативний вплив на навколишнє природне середовище, озон, озонування, генератор озону.

Вступ. Харчове виробництво відіграє важливу роль в житті кожної людини і є найважливішою й життєво необхідною галуззю не тільки в Україні, а і у всьому світі, що забезпечує харчову безпеку, формує структуру експортної торгівлі, сприяє розвитку інших галузей промисловості.[1] Однією із серйозних екологічних проблем на підприємствах харчової промисловості є очищення стоків, зокрема стічних вод. Адже відпрацьовані стічні води харчових підприємств відрізняються високими концентраціями різних органічних забруднень (жири, білки, крохмаль, цукор і т. д.). Для таких стічних вод характерні високі показники хімічного споживання кисню (ХСК), біологічного споживання кисню (БСК), завислих речовин, жирів і можливість розвитку небажаних мікробіологічних процесів внаслідок біологічного розкладання розчинних органічних речовин.

На підприємстві картопляних виробів у стічні води під час миття овочів, а також після – під час очищення, нарізки та підготовки до переробки, потрапляють соки овочів, які переробляються. Це призводить до підвищення БСК та ХСК стічної води, що потребує очищення. Та потребує необхідного знезараження очищеної циркулюючої води. Тому, що скидання у водойми недостатньо очищених і знезаражених стічних вод, харчової промисловості в складі яких можуть існувати різні промислові і інфекційні забруднення, які в свою чергу сприяють виникненню різних захворювань, як серед людей, так і тваринного світу.[2]

Реальні стічні води окрім завислих ґрунтових часток містять органічні розчинні речовини за рахунок потрапляння соку овочів. Це призводить до підвищення ХСК та БСК у стічній воді. У зв'язку з цим, під час досліджень зміни цих показників у модельні зразки додавали соки овочів.

Аналіз літературних даних та відомості про метод озонування.

Аналіз літературних джерел показав, що одним із ефективних і найбільш застосовуваних методів являється метод озонування. В даний час більше 1000 водопровідних станцій в Європі, в основному у Франції, Німеччині та Швейцарії, застосовують озонування як складову частину загального технологічного процесу. Останнім часом озонування стали використовувати в Японії і США. [2, 3] Озон володіє високим електродним потенціалом, тобто є активною сполукою і окисляє органічні і неорганічні забруднювачі води, мікроорганізми які також не є винятком. Розчинення озону в воді сприяє двом основним процесам - окислення і дезінфекції. Як наслідок процесу, спостерігається значне збільшення розчиненого кисню. [4, 5]

Широке застосування озону обумовлено його особливістю до швидкого розкладання у воді. В процесі обробки води озоном відбувається розкладання органічних речовин і знезараження води, при цьому, бактерії гинуть в кілька тисяч разів швидше, ніж при обробці води методом хлорування, який в свою чергу є головним недоліком цього методу хлорування, є утворення хлорорганічних сполук, які мають високу токсичність. У порівнянні з іншими окиснювачами, озон має такі переваги як можливість отримання безпосередньо на очисних установках, причому сировиною може служити технічний кисень або атмосферне повітря. [6]

Молекула озону нестабільна, має єдину пов'язану систему зв'язків. На повітрі молекула розпадається на двоатомний і атомарний кисень. Озон надає на воду бактерицидну дію, дезодорує, очищає від нітросполук, канцерогенів. Серед переваг

© Гетта О.С., 2021

озонування можна виділити: знищення всіх відомих вірусів, бактерій та інших мікроорганізмів; видалення неприємних запахів і присмаків; високу швидкість дії; вплив озону не впливає на кислотність води, а також не змінює.[9, 10]

Озон покращує органолептичні властивості води; усуває кольоровість і сторонні запахи, які при хлоруванні не видаляються, зокрема, запахи нафти і нафтопродуктів; інактивує деякі пестициди і канцерогенні вуглеводні. Надмірна кількість озону не накопичується у воді, тому швидко розпадається з утворенням молекулярного кисню. Доза озону, необхідна для знезараження води, дорівнює 0,8-4 мг/л залежно від якості води, її температури, ступеня мінералізації, вмісту гумінових речовин. [11, 12]

Опис експериментального стенду озонування.

Виходячи із всіх достатків метод являється одним з найперспективніших методів знезараження домішок, які містяться в стічних водах, є озонування. Для проведення озонування стічних вод використовували:

- 1) генератор озону;
- 2) повітряно замкнутий контур (для безпечного знаходження людей у приміщенні з генератором озону);
- 3) датчики озону для контролю за його концентрацією;
- 4) підготовлена стічна вода або модельні зразки стічної води;
- 5) вибрана концентрація;
- 6) використання рН метра, водневий показник;
- 7) мірний посуд.

Для очищення розчину від мікроорганізмів застосовувалося озono-повітряна суміш, що генерується озонатором OG-107 (розробка кафедр Промислової та біомедичної електроніки, НТУ «ХП»).

Для проведення процедури озонування та дезінфекції використовувався генератор озону OG-107, розроблений вченими і фахівцями Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Синтез озону з повітря в генераторі озону здійснюється електрофізичних методом, що складається в створенні об'ємного бар'єрного розряду в газовому проміжку розрядної камери коаксіального типу. Концентрація озону в озono-повітряної суміші регулюється в діапазоні від 0,1 до 10 мг / л при допустимому відхиленні не більше 10%. Витрата озono-повітряної суміші регулюється в діапазоні від 0,1 до 1 л / хв і залишається стабільним при зміні тиску на вході озонатора від 200 до 600 кПа. При цьому, для підтвердження показників концентрації озону в озono-повітряної суміші застосовувався оптичний газоаналізатор озону «Циклон-5.31», виробництва ЗАТ «ОПТЕК», м. Санкт-Петербург. Витрата озонованої суміші визначався показаннями вимірювального ротаметра. Необхідно відзначити що позитивний ефект від озонування залежить не тільки

від концентрації озону в озono-повітряної суміші, але також і від часу впливу на стічну воду, температури такої води і її кислотності. Для внесення і взаємодії озono-повітряної суміші і розчину картопляного соку використовували однопроточну схему.

Методика очищення стічних вод озонуванням.

Для імітації забрудненої води в результаті промислової обробки картоплі, використовувалася суміш водопровідної води, картопляного соку та ґрунту. Пропорція цієї суміші становить 250 гр. картопляного соку і 50 гр. ґрунту і, які були розмішені в 6 л. води, набраної з водопровідної системи. Після ретельного перемішування отриманого розчину (рис. 1) який був відстояний протязі 24 годин для надання йому максимальної схожості зі стічною водою з виробництва.



Рис. 1. Зразок модельної стічної води

В результаті даних дій виходить суміш, найбільш наближена за своїми характеристиками (рН, каламутність, запах) до реальних відходів стічної води при виробництві чіпсів. Для проведення експерименту очищення стічних вод озонуванням використовувались модельні зразки стічної води, приготувані за методикою, яка є вище описана. Концентрація озону в дослідях коливалась від 1 мг/л до 3,4 мг/л. Час обробки зразків складав від 5 хвилин до 30 хвилин.

Після озонування зразків стічної води визначалася зміна показників ХСК, БСК та ЗМЧ. Для кожного із зразків після озонування вимірювався параметр кислотно-лужного балансу рН (див. рис. 2, а, б). Для визначення ступеня очищення та можливості використання очищеної води у зразках визначались наступні показники: БСК₅, ХСК та загальне мікробне число. Об'єктом дослідження були зміни сапрофітних бактерій в стічній воді до та після оброблення озонуванням та фізико-хімічний аналіз проби стічної води, який характеризують чистоту отриманих зразків. Біохімічне споживання кисню (БСК₅), ХСК

та загальне мікробне число визначали за загальноприйнятою методикою. [7, 8]

У таблиці 1 приведенні результати інтенсивності обробки.



а



б

Рис. 2. Схема озонування стічної води під час проведення досліджень:
а – фотографія озонаторного станду; б – фотографія обробки озоном дослідного зразка

Таблиця 1. Результати дослідження впливу на БСК, ХСК та ЗМЧ

Час, хв	Інтенсивність обробки, мг/л								
	БСК			ХСК			ЗМЧ		
	1	2,2	3,4	1	2,2	3,4	1	2,2	3,4
0	3250	3250	3250	8100	8100	8100	156	156	156
5	2900	2650	2300	6730	6000	5940	24,8	17,4	12,95
10	1740	1370	1220	3700	3060	2110	22,1	16,5	12,87
15	1120	950	860	1980	1920	1890	18,7	15,3	12,8
20	980	870	810	1940	1870	1780	17,9	14,4	12,7
25	870	840	790	1890	1810	1730	15,8	13,2	12,65
30	830	810	780	1840	1770	1710	14,1	13,6	12,6

Аналіз результатів дослідження озонування стічної води З отриманих результатів експерименту, що графічно представлені на рисунку 3 впливає той факт, що концентрація озону впливає значно сильніше ніж час обробки, а також для менших концентрацій бачимо, що після 5 хвилин обробки

починається різке зменшення показників ЗМЧ. На основі представленого графіку було отримано рівняння що описує динаміку зміни ЗМЧ.

$$\text{ЗМЧ} = 24,7199 - 0,201 \cdot x - 2,5576 \cdot y \quad (1)$$

де x – час обробки, хвилин; y – витрата озону, мг/л.

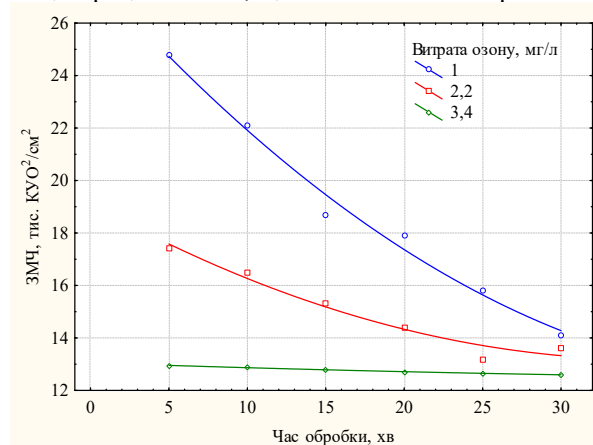


Рис.3. Залежність загального мікробного числа від часу обробки при конкретній концентрації озону

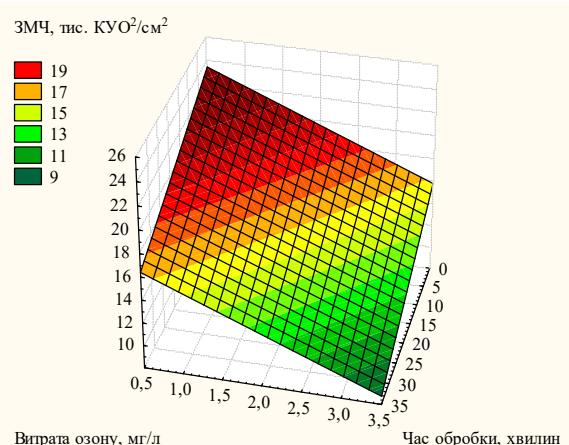


Рис.4. Графічна візуалізація залежності (1)

На основі отриманої моделі зміни ЗМЧ було зроблена модернізація моделі. (див.рис.4).

Далі було досліджено зміну показників ХСК під час обробки зразків озоном, та представлені у графічному вигляді на рисунку 5.

З отриманих графіків можна зробити висновок що на зміну показника ХСК більший вплив має значення часу обробки. При різних концентраціях озону спостерігається різке зменшення ХСК на протязі перших 15 хвилин обробки, після чого значення стає не змінним протягом подальшої

обробки озоном. Як і у попередньому пункті було отримано рівняння зміни показників.

$$ХСК = 9051,7262 - 619,2024 \cdot x - 305,4563 \cdot y + 12,946 \cdot x^2 + 9,2262 \cdot x \cdot y - 6,9444 \cdot y^2 \quad (2)$$

де, x – час обробки, хвилин;

y – витрата озону, мг/л.

На основі отриманої моделі зміни ХСК було зроблена модернізація моделі, яка представлена на рисунку 6.

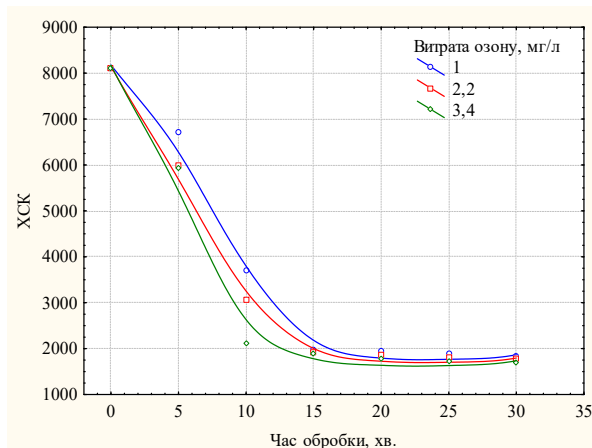


Рис. 5. Залежність показника хімічного споживання кисню від часу обробки при конкретній концентрації озону

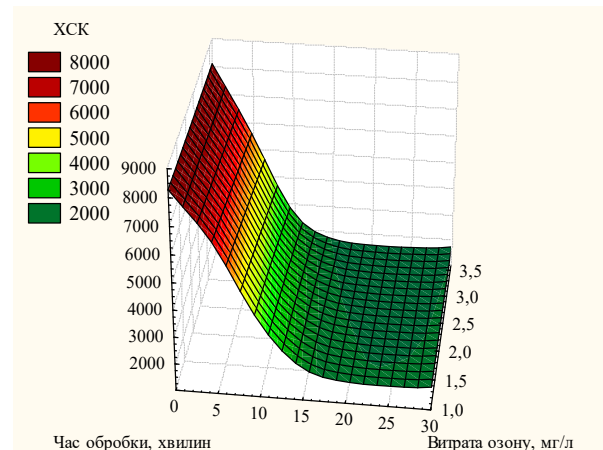


Рис. 6. Графічна візуалізація залежності (2)

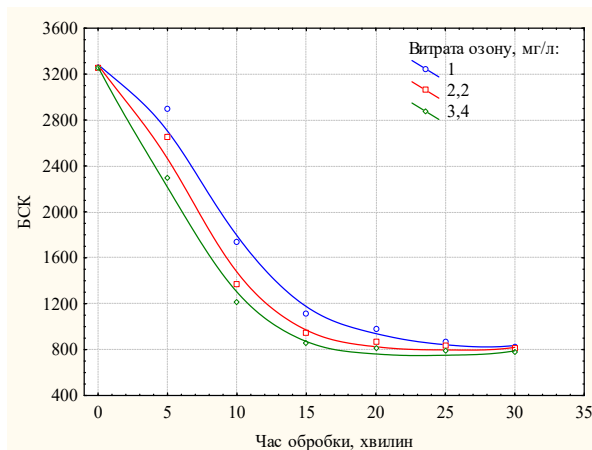


Рис. 7. Залежність показника біологічного споживання кисню від часу обробки при конкретній концентрації озону

На рисунку 7 представлено зміну показника БСК. З отриманого рисунку видно що динаміка показника повторює динаміку показника ХСК. Було отримано рівняння зміни показників.

$$БСК = 3753,544 - 227,5813 \cdot x - 232,0465 \cdot y + 4,5476 \cdot x^2 + 4,5653 \cdot x \cdot y + 15,7726 \cdot y^2$$

де x – час обробки, хвилин; y – витрата озону, мг/л.

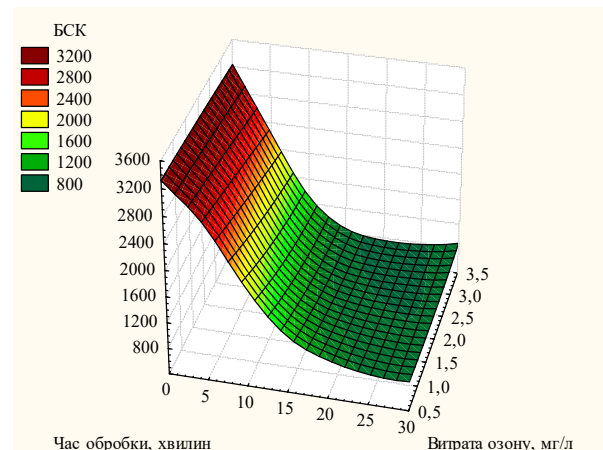


Рис. 8. Графічна візуалізація залежності (3)

На основі отриманої моделі зміни БСК було зроблена модернізація моделі, яка представлена на рисунку 8. В таблиці 1 представлені результати дослідження БСК, ХСК та ЗМЧ.

(3) Висновки та перспективи подальшого розвитку даного напрямку.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок що озонування суттєво знижує число ЗМЧ, БСК, ХСК, але не дозволяє очистити стічну воду до норм водовідведення.

Проведені дослідження вказують на необхідність попередньої обробки стічної води – попередню очистку, а саме фізико-хімічним методом зі застосуванням коагулянтів та флокулянтів. Цей метод у комбінації з механічною очисткою утворених агрегатів (пластівців, флокул) дозволяє забезпечити високу ступінь очищення від нерозчинених домішок, зважених речовин, що містяться у високих концентраціях і є характерними для підприємств даної галузі.

Проте озонування можливо застосовувати для остаточного знезараження попередньо очищеної стічної води від бактерій та доочищення від органічних домішок

Список літератури

1. Пилипенко О.Є. Розвиток харчової промисловості України / О. Є. Пилипенко // Наукові праці НУХТ 2017. – Том 23. – № 3. – С. 15–25.
2. Долина Л.Ф. Новые методы и оборудование для обеззараживания сточных вод и природных водю – Днепропетровск: Континент, 2003. – 218 с.
3. Гончарук ВВ., Потапченко Н.Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды. Химия и технология воды. 1998, т. 20, №2, – с. 190–213.
4. Поспелов, М.В. Образование симметричных диоксидалкилперекисей при озонировании а-олефинов в присутствии воды / М.В. Поспелов // ЖОХ. 1978. Т. 14, – с. 247–251.
5. Разумовский, С.Д., Заиков Г.Е. Кинетика и механизм реакций озона сароматическими углеводородами / С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков // Изв. АН СССР, сер. хим. 1971, – с. 2657.
6. Новые подходы в области очистки промышленных сточных / Радченко Н.Л. с.н.с. Институт технічної теплофізики НАН України (ІТТФ), м. Київ. // Наукові праці [Одеської національної академії харчових технологій]. 2015. – Вип. 47(1), – с. 52–57. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2015_47%281%29__12
7. Утевский Н.Л. Микробиология с техникой микробиологических исследований. М., Медицина, 1975, 471 с.
8. Драчев С. М., Разумов А. С., Бруевич С. В. и др. Методы химического и бактериологического анализа воды. М: Медгиз, 1953, 280 с.
9. Изучение методов очистки сточных вод. Rostvinskaya Veronika Sergeevna. Журнал «Трибуна ученого» Выпуск 07/2020 <https://tribune-scientists.ru>
10. Долінський А.А. Современные методы очистки и нейтрализации промышленных стоков / Долінський А.А., Шурчкова Ю.О., Радченко Н.Л. // Промышленная теплотехника . 2014. – Т. 36, №6, – с. 89–106с
11. Ю.Ф. Эль Концептуальные изменения в технологиях очистки сточных вод / Ю. Ф. Эль, Ю.И. Решетиллов // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. – №5, – с.5–63.
12. Кожин В.Ф., Кожин И.В. Озонирование воды. М., Стройиздат.1974. 159 с.

Bibliography (transliterated)

1. Pilipenko O.E. Rozvitok harchovoi promislovosti Ukraini / O. E. Pilipenko // Naukovi praci NUHT 2017. – Tom 23. – № 3, – pp. 15–25.
2. Dolina L.F. Novye metody i oborudovanie dlja obezzarazhivaniya stochnyh vod i prirodnyh vodju – Dnepropetrovsk: Kontinent, 2003. – 218 p.
3. Goncharuk VV., Potapchenko N.G. Sovremennoe so stojanie problemy obezzarazhivaniya vody. Himija i tehnologija vody. 1998, t. 20, №2, – pp. 190–213.
4. Pospelov, M.V. Obrazovanie simmetrichnyh dioksidialkilperekisej pri ozonirovanii a-olefinov v prisutstvii vody / M.V. Pospelov // ZhOH. 1978. T. 14, – pp. 247–251.
5. Razumovskij, S.D., Zaikov G.E. Kinetika i mehanizm reakcij ozona saromaticeskimi uglevodorodami / S.D. Razumovskij, G.E. Zaikov // Izv. ANSSSR, ser. him. 1971, – pp. 2657.
6. Novye podhody v oblasti ochistki promyshlennyh stochnyh / Radchenko N.L. с.н.с. Institut tehničnoї teplofiziki NAN Ukraїni (ITTF), m. Kiїv. // Naukovi praci [Odes'koї nacional'noї akademii harchovih tehnologij]. 2015. – Vip. 47(1), – pp. 52–57. - Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2015_47%281%29__12
7. Utevsij N.L. Mikrobiologija s tehnikoj mikrobiologicheskikh issledovanij. M., Medicina, 1975, – 471 p.
8. Drachev S. M., Razumov A. S., Bruevich S. V. i dr. Metody himicheskogo i bakteriologicheskogo analiza vody. M: Medgiz, 1953, 280 p.
9. Izuchenie metodov ochistki stochnyh vod. Rostvinskaya Veronika Sergeevna. Zhurnal «Tribuna uchenogo» Vypusk 07/2020 <https://tribune-scientists.ru>
10. Dolins'kij A.A. Sovremennye metody ochistki i nejtralizacii promyshlennyh stokov / Dolins'kij A.A., Shurchkova Ju.O., Radchenko N.L. // Promyshlennaja teplotehnika. 2014. – T. 36, №6, – pp. 89–106.
11. Ju.F. Jel' Konceptual'nye izmenenija v tehnologijah ochistki stochnyh vod / Ju. F. Jel', Ju.I. Reshetilov // Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. 2009. – №5, – pp. 5–63.
12. Kozhinov V.F., Kozhinov I.V. Ozonirovanie vody. M., Strojizdat.1974. 159 p.

Надійшла (received) 19.05.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Гетта Оксана Сергіївна (Гетта Оксана Сергеевна, Hetta Oksana) Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірантка вул. Кирпичова, 2, м. Харків, Україна 61002, e-mail: oksanagetta21@gmail.com. ORCID:0000-0002-1762-6953

HETTA OKSANA

IMPROVING ENVIRONMENTAL SAFETY BY TREATING (DISINFECTING) WASTEWATER FROM FOOD PRODUCTION BY OZONATION.

The modern method of disinfection of bacteria of sewage of production of potato chips by ozonation, for reuse of sewage is considered. Vegetable juices, which are processed, enter the wastewater during washing with vegetables, as well as after - during cleaning, cutting and preparation for processing. This increases the BOD and COD of the wastewater in need of treatment. If water enters the sewer, the indicators of COD and BOD must comply with the established norms in drainage. Otherwise there is a situation when the decomposition of organic matter. Cleaning from impurities on city constructions is carried out with use of biological methods of cleaning, it is practically impossible to use in the territory of the operating industrial enterprise. The analysis of literature data and information on the ozonation method is considered. The studies were performed on model wastewater containing suspended solids, BOD (biological oxygen demand), COD (chemical oxygen demand) and OMC (total microbial count) in quantities that corresponded to the average content of these indicators in real wastewater in enterprises after washing vegetables for secondary. The use of wastewater in production must not only be treated from suspended particles to a state of clear water, but also to provide for the possibility of undesirable microbiological processes as a result of biological decomposition of soluble organic substances. The consequences of pollution can be very diverse for human health disinfection of purified circulating water. And as a result of research found ozonation should be used to disinfect bacteria

Key words: wastewater of food industry enterprises, negative impact on the environment, ozone, ozonation, ozone generato

O. S. HETTA

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПУТЕМ ОЧИСТКИ (ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ) СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ОЗОНИРОВАНИЕМ

Рассматривается современный метод обеззараживания бактерий сточных вод производства картофельных чипсов озонированием, для повторного использования сточных вод. В сточные воды во время мытья овощей, а также после - во время очистки, резки и подготовки к переработке, попадают соки овощей, которые перерабатываются. Это приводит к повышению БПК и ХПК сточной воды нуждаются очистки. Если вода попадает в канализацию, то показатели ХПК и БПК должны соответствовать установленным нормам водоотведения. Иначе возникает ситуация, когда разложение органических веществ. Очистки от примесей на городских сооружениях осуществляется с использованием биологических методов очистки, практически невозможно использовать на территории действующего промышленного предприятия. Рассмотрен анализ литературных данных и сведений о методе озонирования. Исследования выполнялись на модельных сточных водах, содержащих взвешенные вещества, БПК (биологическое потребление кислорода), ХПК (химическое потребление кислорода) и ОМЧ (общее микробное число) в количестве, отвечала усредненном содержания этих показателей в реальных сточных водах на предприятиях после мытья овощей для вторичного использования сточной воды в производстве необходимо не только ее очистить от взвешенных частиц до состояния прозрачной воды, но и предусмотреть возможность развития нежелательных микробиологических процессов в результате биологического разложения растворимых органических веществ. Последствия загрязнения могут быть очень разнообразными для здоровья человека. Это обуславливает необходимость поиска методов эффективного обеззараживания очищенной циркулирующей воды. И как результат исследований обнаружил озонирование нужно применять для обеззараживания бактерий

Ключевые слова: сточные воды предприятий пищевой промышленности, негативное влияние на окружающую среду, озон, озонирование, генератор озона.