

ИДЕНТИФИЦИРАНЕ НА ОПАСНОСТИТЕ ПРИ ДЕЗИНФЕКЦИЯ НА ЗАМЪРСЕНИ ВОДИ

HAZARD IDENTIFICATION FOR DISINFECTION OF CONTAMINATED WATER

Милка Николова
 ТУ-Габрово

Пенчо Стойчев
 ТУ-Габрово

Abstract

The aim of the study is to identify the dangers of contaminated water disinfection by chlorination, ozonation and ultraviolet radiation.

Keywords: hazard identification, disinfection, contaminated water.

ВЪВЕДЕНИЕ

Дезинфекцията засяга частичното разрушение на причиняващите заболявания организми. Дезинфекцията е се различава от стерилизацията, при която се разрушават всички организми.

Актуалността на разглеждания проблем се определя от изключителната опасност от редица заболявания, причинявани от употребата на недезинфекцирани води.

Целта на изследването е да се идентифицират опасностите при дезинфекция на замърсени води чрез хлориране, озониране и ултравиолетова радиация.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Химически вещества, които са били използвани като дезинфектанти са: (1) хлор и неговите съединения, (2) бром, (3) йод, (4) озон, (5) фенол или фенолни съединения, (6) алкохоли, (7) тежки метали и свързани с тях съединения, (8) бои, (9) сапуни и синтетични почистващи препарати, (10) амониеви съединения, (11) водороден пероксид, (12) оцетна киселина, (13) различни алкалии, и (14) различни киселини.

От всички изброени дезинфектанти най-често използваните са окисляващите химикали, а хлорът е най-универсалния.

Класификацията на рисковите материали, използвани за дезинфекция е посочена в таблица 1.

Таблица 1
 Класификация на опасните материали
 употребявани за дезинфекция на
 отпадъчни води

Категории	Типични химикали
Физически опасни:	
<i>Сгъстени газове</i>	Кислород, озон, хлор, амоняк, серен диоксид
<i>Окислители</i>	Кислород, озон, хлор, водороден прекис, киселини, хлор
Опасни за здравето:	
<i>Високо токсични и токсични материали</i>	Хлор, хлорен диоксид, озон, киселини, основи
<i>Корозивни</i>	Киселини, основи, хлор, серен диоксид, амоняк, хипохлорит, натриев бисулфит
<i>Други опасности за здравето — дразнещи, задушливи и т. н.</i>	Хлор, серен диоксид, амоняк

Съоръжения за безопасно съхраняване на хлор

Устройства за сигурност и безопасност, които трябва да бъдат изградени в съоръженията за хлор са твърде много. Вниманието трябва да обърнем на най-фундаменталните от тях, а именно:

1. Хлорният газ е отровен и силно корозивен. На подовото ниво трябва да бъде подсигурен вентилационен ауспук, т.к. хлорният газ е по-тежък от въздуха. Вентилационната система трябва да бъде способна да извърши поне 60 сменяния на въздуха за час.

2. Помещенията за складиране на хлор и оборудваните за целта стаи трябва да бъдат отделени със стени от останалата част от фирмата, и достъпът до тях трябва да бъде само от външни врати. На някои от вътрешните стени трябва да има стъклен прозорец, през който да може да се проверява за изтичания преди да се влезе в стаите. Вентилаторите трябва да бъдат поставени на входа на стаята. На защитени и лесно достъпни места трябва да бъдат поставени маски.

3. Температурите в помещенията с хлор трябва също да бъдат следени, за да може да се избегне замръзване.

4. Течният и газообразният хлор могат да бъдат в черни стоманени тръбопроводи, но хлорният разтвор е силно корозивен и трябва да бъде в поливинилхлоридни съдове и тръбопроводи с дебелина на стените 80 mm.

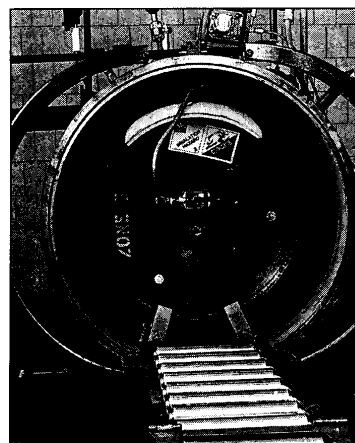
5. Трябва да бъде подсигурено и съхранение в изправени цилиндри. Количеството, което се съхранява трябва да бъде съобразено с възможностите за снабдяване и с използваните количества. Цилиндриите са разграфени и загубата на тегло е положителен признак за изтичане.

6. При горещи климатични условия, хлорните цилиндри трябва да бъдат защитени от достъпа на пряка слънчева светлина, за да се предпазят от претопляне.

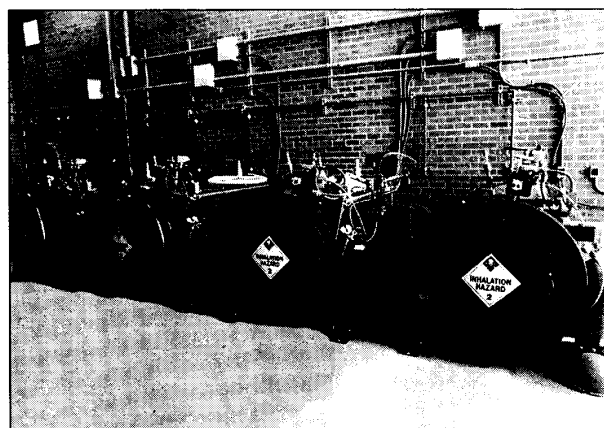
7. С цел да се предотврати риска от по-малко или пък от предозиране с хлор е необходимо да има анализатори, които да следят и налагат контрол на дозирането на хлора.

8. Трябва да бъде подсигурен детектор на изтичането, който да бъде свързан с аларма.

Резервоарите за хлор са пломбирани всичките за предпазване на съдовете. Съдовете са съставени от един или два 68 kg цилиндъра или 908 kg (1 t) контейнери за съхранение на хлор.



а)



б)

Фигура 1. Предпазна система при контейнерите за съхранение на хлор
(а) съхраняващ съд за един 908 kg контейнер за хлор и (б) вид на многобройни 908 kg контейнери за съхранение на хлор

Съоръжения за намаляване влиянието на хлора

Интернационалната Конференция през 1991 г. създаде член 80 в кодекса на рисковите вещества Uniform Fire Code (UFC). Клаузите на новия кодекс прокламират за нови съоръжения. Старите могат да се ползват, но само ако вероятността за опасност и риск при тях е твърде малка. Тези

клаузи се отнасят до употребата на химикали за дезинфекция.

Изискванията за съхранение включват контрол на разливането, вентилация, третиране и съхранение. Системи за спешно отреагиране са също необходимост с цел да се предотврати изтичането на хлор и газообразен серен диоксид. Други въпроси, които се покриват от клаузите са управлението на рисковите материали, сигурността и алармите. Изключително важно е при изграждането на новите съоръжения да се имат предвид правилата на UFC.

Съхранението на хлор и серен диоксид получава относително ново развитие през 1996 г. с произведения от TGO Technologies Total съд. Той е устройство, при което няма нужда от помпи, вентилатори или циркулационни системи и удовлетворява всички изисквания на UFC. Изисква специално моделирана платформа за преместване на газовите цилиндри и тяхното разполагане в него. При евентуални земетресения той се затваря автоматично и няма нужда от някакви специални устройства, за да функционира.

Опасности при ползването на озона като дезинфектант

Озонът е изключително реактивен оксидант. Смята се, че унищожаването на бактериите чрез озон става директно поради факта, че пряко се разрушава клетъчната стена.

Влиянието на характеристиките на водите върху дезинфекцията с озон е представено в таблица 2. Наличието на окисляващи съединения ще доведе до възходящо преместване на кривата на деактивиране.

Озонът също така е много ефективно противоглистно средство и се смята, че в тази насока е дори по-ефективен и от хлора. В резултат на използването на озон не се разграждат твърди частици.

Разрушаване на останалия озон чрез външни (свободни) газове

Външните (свободните) газове трябва да бъдат използвани за разрушаването и унищожаването на останалия озон, тъй като той е изключително раздразнителен и токсичен. Продуктът, който се получава при

разрушаването на озона е чист кислород и той може да бъде рециклиран, но ако първоначално озонът е получен от чист кислород.

Таблица 2
Типични дози озон необходими за достигане на дезинфекция на стандартни колиформи в различни отпадъчни води при 15 min време за контакт

Тип на отпадъчните води	Начален брой колиформи, MPN/100 ml	Доза озон, mg/l			
		Стандартни отпадъчни води, MPN/100 ml			
		1000	200	23	≤2,2
Необработени отпадъчни води	10^7-10^9	15-40			
Първично обработени отпадъчни води	10^7-10^9	10-40			
Обработени с Trickling филтър	10^5-10^6	4-10			
Обработени с активен въглен	10^5-10^6	4-10	4-8	16-30	30-40
Филтрирани през активен въглен	10^4-10^6	6-10	4-8	16-25	30-40
Нитрифицирани отпадъчни води	10^4-10^6	3-6	4-6	8-20	18-24
Филтрирани след нитрифициране на отпадъчни води	10^4-10^6	3-6	3-5	4-15	15-20
Микрофилтрирани отпадъчни води	10^1-10^3	2-6	2-6	3-8	4-8
След обратна осмоза ^a	0	0	0	0	1-2
От септичен резервоар за отпадъчни води	10^7-10^9	15-40			
След периодично действащ пясъчен филтър	10^2-10^4	4-8	10-15	12-20	16-25

Формирането на опасни странични продукти и техния контрол

Както и при хлора, така и при дезинфекцията с озон могат да се получат нежелани странични продукти. Формирането на такива са разгледани в таблица 3.

Таблица 3
Представяне на дезинфекционните вторични
продукти резултат от озониране на
отпадъчни води съдържащи органични и
подбрани неорганични съставки

Алдехиди	Бромни вторични продукти ^a
Формалдехид	Бромен йон
Ацеталдехид	Бромоформ
Глиоксал	Бромоцетни киселини
Метилглиоксал	Бромпикрин
Киселини	Бромен ацетонитрил
Оцетна киселина	Цианогенен бромид
Мравчена киселина	Други
Оксалова киселина	Водороден прекис
Сукцинова (янтарна) киселина	
Алдо- и кетокиселини	
Пирова киселина (Пироват)	

^aБромният йон трябва да присъства в бромните вторични продукти

Едно от предимствата на озона е, че той не формира хлорирани странични продукти като трихалометани (ТНМ's), халооцетни киселини (НАА's). Въпреки това обаче е факт, че озонът също формира вредни странични продукти като алдехиди, различни киселини, алдо- и кетокиселини.

В присъствието на бром пък могат да се образуват и други нежелани остатъчни продукти като неорганични броматни йони, бромоформ, бромна оцетна киселина, бромни ацетонитрили и цианобром. В някои случаи може да бъде образуван и водороден пероксид. Количествата ще зависят от първоначалните компоненти. Трябва да бъдат правени пилотни тестове, за да може да се установи ефективността на озона като дезинфектант.

Контрол върху формирането на вредни остатъчни продукти в резултат на дезинфекцията с озон

Тъй като небромните съединения лесно деградира, те могат да бъдат отстранени с помощта на различни биологично активни процеси. Много по-комплексно е премахването на страничните вредни продукти, ако се наблюдава наличие на бром. Ако наличието на бромни остатъчни продукти се яви сериозен проблем, то може би добра алтер-

натива ще бъде използването на ултравиолетовата радиация за целите на дезинфекцията.

Влияние върху околната среда при използването на озон

Озоновите остатъци могат да бъдат изключително токсични за водния живот. Тъй като озонът се разсейва лесно, до момента на изтичането на отточните води в приемащите ги води, обикновено няма да има измерени озонови остатъчни продукти. Използването на озон може да доведе до производството на някои видове токсични и канцерогенни продукти. Тези продукти са нетрайни и присъствието им във водата е в рамките само на няколко минути. През 1999 г. Уайт заявява, че озонът разрушава някои вредни органични субстанции като хумусната киселина (предшественик на трихалометан) и малатион. Дали ще се формират някакви междинни вредни токсични продукти по време на процес на обработка с озон зависи от дозата озон, времето за контакт и природата на съставките.

Проблеми, причиняващи УВ системите

Сериозен проблем, който възниква при УВ дезинфекционните системи е образуването на биослоеове на излазната повърхност на УВ реакторите. Проблемът е особено сериозен при системи с отворени канали, покрити с обикновени решетки. Установено е, че ако каналите са изложени на светлина, дори и тя да е много слаба, на излазната повърхност ще се образуват биослоеове. Проблемът с биослоевите е, че те могат не само да приютяват, но и да защитават бактериите. Когато биослоевите се отделят от повърхността, бактериите могат да бъдат защитени и да преминат през дезинфекционната система. Най-добрите предпазни мерки са УВ каналите да се покриват изцяло. Също така каналите могат системно да бъдат почиствани и дезинфекцирани с хипохлорин, оцетна киселина или друг подходящ дезинфектант.

Биослоеове се появяват и в затворени канали, но трудността при тях е по-малка с изключение на случаите, в които се използват УВ лампи със средно налягане и висок

интензитет. Тъй като този вид лампи произвеждат светлина в или около видимия светлинен спектър, те могат да стимулират растежа на микроорганизми на излазната повърхност. Имало е случаи на израстъци с дължина около 300 mm, намерени прикрепени към поддържащата лампите структура. Количеството произведена светлина от видимия спектър ще зависи от вида на лампите и техния производител. Отстраняването на тези израстъци трябва да бъде извършвано периодично с подходящи дезинфектанти.

Имало е времена, през които се е смятало, че влиянието на частиците може да бъде преодоляно чрез увеличаване интензивността на УВ лампите. Невъзможно е да се увеличи интензивността до такава степен, че да се преодолее засенчващия ефект, който придават частиците.

Въздействие на химичните съставки на отпадъчните води върху процеса на УВ дезинфекция

Въздействието на съставките на отпадъчните води върху процеса на УВ дезинфекция е показано в таблица 4. Разложениите замърсители повлияват УВ дезинфекцията или директно или чрез замърсяване на УВ лампите, което намалява интензивността. Един от основните проблеми, който се наблюдава при добавянето на УВ дезинфекция е постоянното вариране на абсорбируемостта на отпадъчните води в границите на фабриката за третиране.

Честите промени са причинени от промишлени нарушения, които могат да доведат до ежедневни или до сезонни вариации. Вливанията на дъждовни води също може да предизвика различни промени и вариации, особено когато има наличие на хумусни материали. Разрешението на проблема изисква постоянно наблюдаване на нарушенията в промишления процес, реализация на програми за контрол и коригиране източниците на проникване. В някои случаи биологичното третиране ще смекчи влиянието на измененията. При някои крайни ситуации може да се получи така, че УВ дезинфекцията да не действа.

Таблица 4
Влияние на състава на отпадъчните води при употреба на УВ радиация за дезинфекция на отпадъчни води

Състав	Въздействие
BOD, COD, TOC, и т. н.	Никакъв или много малък ефект, освен ако хумусните материали не обхващат голяма част от BOD
Хумусни материали	Силни адсорбатори на УВ радиация
Масло и грес	Може да се наслояват върху кварцовите ръкави на УВ лампите, могат да адсорбират УВ радиация
TSS	Адсорбирането на УВ радиация може да защитава закрепените бактерии
Алкалии	Може да повлияе на потенциала. Също така засяга разтворимостта на метали, които могат да адсорбират УВ светлина
Твърдост	Калций, магнезий и други соли могат да образуват минерални наслагвания върху кварцовите тръби, особено при високи температури
Амоняк	Никакъв или много малък ефект
Нитрити	Никакъв или много малък ефект
Нитрати	Никакъв или много малък ефект
Желязо	Силен адсорбатор на УВ радиация, може да се утаява върху кварцовите тръби, да адсорбира суспендиращи частици и защитава бактериите чрез адсорбация
Манган	Силен адсорбатор на УВ радиация
pH	Може да въздейства върху разтворимостта на металите и карбонатите
TDS	Може да повлияе на потенциала и формирането на минерални наслагвания
Производствен отток	В зависимост от съставните части (и от обагрянето) може да доведе до дневни и сезонни вариации в предавателната способност
Наплив	В зависимост от съставните части (и от обагрянето) може да доведе до краткотрайни както и сезонни вариации в предавателната способност

Влияние на УВ дезинфекцията върху околната среда

Оказва се, че съединения, формирани при УВ дезинфекция в дози от 50-140 mJ/cm² са безобидни или пък се раздробяват на повече безвредни форми. Така се смята, че дезинфекцията с ултравиолетова светлина няма неблагоприятни въздействия върху околната среда. Не са известни и никакви вредители и странични съединения, образувани при концентрация на УВ дозите около 400 mJ/cm².

Комбиниранни процеси с употребата на по-слабо реактивни дезинфектанти

Интересът към едновременното използване на 2 или повече дезинфектанта нараства изключително много през последните няколко години. Основните причини за това е употребата на по-слабо реактивни дезинфектанти, като хлорамини например, се е доказала като по-ефективна от гледна точка на намаляване образуването на вредни отпадъчни продукти и биослое.

Когато с цел да се постигне по-ефективно деактивиране на патогените се използват два или повече дезинфектанта, добавени едновременно или един след друг, говорим за процес на интерактивна дезинфекция.

Единствените отпадъчни продукти, които се наблюдават от дезинфекцията с пероцетна киселина (CH₃CO₃H) за сега са оцетна киселина (CH₃COOH), кислород (O₂), метан (CH₄), въглероден диоксид (CO₂) и вода (H₂O), всеки един от които се смятат за нетоксични.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Натискът, наложен от потребителите и властите за постигне на максимално високо ниво на пречистване на водите за потребление и отпадъчните води е довело до търсене на нови и по-ефикасни методи за пречистване. Много често, за да се покрият високите изисквания в тази сфера са се използвали по-големи количества дезинфектанти, което за нещастие води до повишаване нивото на вредни отпадъчни продукти.

Поради съмненията за ефективността на дезинфекционните процеси и опасенията от формирането на вредни остатъчни продук-

ти, продължават проучванията и разработванията на алтернативни методи за дезинфекция като употребата на пероцетна киселина, пероксон и различни комбинирани методи за дезинфекция.

В резултат на направени проучвания напоследък е установено, че употребата на всеки следващ различен дезинфектант е по-ефективно отколкото ефектът от допълнителното използването на един и същи дезинфектант.

Тъй като характеристиките на отделните води и степента на третиране оказват голямо влияние върху ефективността на различните технологии за дезинфекция, е необходимо да се правят тестове, за да се оцени ефективността на отделните технологии и да се преценят правилните дозировки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Cairns, W. L. (1993) "Comparing Disinfection by Ultraviolet Light and Chlorination—The Implications of Mechanism for Practice," in the *Proceedings of the Planning, Design, and Operation Effluent Disinfection Systems Specialty Conference, Water Environment*
- [2] Cooper, R. C, A. T. Salveson, R. Sakaji, G. Tchobanoglous, D. A. Requa, and R. Whitley (2000) "Comparison of the Resistance of MS-2 and Poliovirus to UV and Chlorine Disinfection," Presented at the California Water Reclamation Meeting, Santa Rosa, CA.
- [3] Blackmer, R, K. A. Reynolds, C. P. Gerba, and I. L. Pepper (2000) "Use of Integrated Cell Culture-PCR to Evaluate the Effectiveness of Poliovirus Inactivation by Chlorine", *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 66, no. 5, pp. 2267-2268.
- [4] Butterfield, C. T., E. Wattie, S. Megregian, and C. W. Chambers (1943) "Influence of pH and Temperature on the Survival of Coliforms and Enteric Pathogens When Exposed to Free Chlorine", *U.S. Public Health Service Report* 58.
- [5] Emerick, R. W., and J. L. Darby (1993) "Ultraviolet Light Disinfection of Secondary Effluents: Predicting Performance Based on Water Quality Parameters," in the *Proceedings of the Planning, Design, and Operation Effluent Disinfection Systems, Specialty Conference, Water Environment Federation, Whippany, NJ*.