

ПЕРСПЕКТИВИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ЗА ДОПОМОГОЮ ОЗОНУ

Бєлих І.А., Самойленко С.І.,
Варанкіна О.О., Решетняк Н.В., Подпоринова О.С.
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
вул. Фрунзе, 21, 61002, м. Харків
ari74@meta.ua

Розглянуто механізм дії озону на мікроорганізми. Показано, що озон володіє деструктивною активністю відносно бактерій. Кінетика відмирання бактерій під дією озону залежить від концентрації озону в озono-повітряному середовищі, розчиненого озону, поглиненого озону бактеріями і часу контамінації з мікроорганізмами та їх видом. Передбачається, що дія озону зумовлена каталітичним окисненням бактеріальних протеїнів та їх деструкцією до амінокислот. *Ключові слова:* озон, озонування, мікроорганізми, бактеріальне забруднення, очищення води, контамінація.

Перспективы обеззараживания питьевой воды с помощью озона. Белых И.А., Самойленко С.И., Варанкина А.А., Решетняк Н.В., Подпоринова Е.С. Рассмотрен механизм действия озона на микроорганизмы. Показано, что озон обладает деструктивной активностью по отношению к бактериям. Кинетика отмирания бактерий под действием озона зависит от концентрации озона в озono-воздушной среде, растворенного озона, поглощенного озона бактериями и времени контаминации с микроорганизмами и их видом. Предполагается, что действие озона обусловлено каталитическим окислением бактериальных протеинов и их деструкции, вплоть до аминокислот. *Ключевые слова:* озон, озонирование, микроорганизмы, бактериальное загрязнение, очистка воды, контаминация.

The drinking water ozone disinfection prospects. Bielykh I., Samoilenko S., Varankina O., Reshetniak N., Podporinova O. The article deals with the mechanism of ozone effect on microorganisms. It is shown that ozone has a destructive activity against bacteria. The kinetics of bacteria dying under the ozone influence depends on the ozone concentration in the ozone-air medium, dissolved ozone, bacteria absorbed ozone and the contamination time with microorganisms and their species. From the biochemical point of view it is assumed that ozone action is due to the catalytic oxidation of bacterial proteins and their degradation up to amino acids. The influence of bacteria decay oxidized products on the kinetics of the dying of bacteria remaining in the water ozonation process is evaluated. *Keywords:* ozone, ozonation, microorganisms, bacterial contamination, water purification, contamination.

Найбільш небезпечними джерелами біологічного забруднення водних ресурсів є бактеріальне зараження від стічних вод комунальних господарств, медико-біологічної, фармацевтичної, мікробіологічної, м'ясо-молочної, хар-

чової, цукрової, паперово-целюлозної, шкіряної та інших галузей промисловості [1].

Значну небезпеку являє собою бактеріальне забруднення сміттєвих полігонів та звалищ. Стічні води,

потрапляючи в джерела питної води або води, що застосовуються для господарських потреб, роблять їх непридатними та санітарно-епідеміологічно небезпечними. Вода є основним фактором передачі і поширення не тільки бактеріальних, але й вірусних інфекцій. Останнім часом спостерігається надходження в навколишнє середовище організмів зі зміненою генетичною структурою [2, 3], які можуть викликати раніше невідомі захворювання.

Крім того, через зміни генетичної структури деякі бактерії стають стійкими до хлору. Хлорування води широко застосовується в системі водопідготовки питної води і в Україні є одним з основних дезінфектантів [2, 3].

Хлорування має ряд істотних недоліків [3]. Хлор пасивний відносно певних типів мікроорганізмів, вибірково впливає на отруєння життєвих центрів бактерій, причому досить повільно через тривалу дифузію в цитоплазму, не має особливо виражених вірулентних властивостей.

Досвід зарубіжних країн показав, що одним із найбільш реальних і високоефективних агентів стерилізації води є озон, який володіє найбільш вираженими бактерицидними і вірулентними властивостями та призводить до розкладання багатьох небезпечних органічних сполук до нешкідливого стану [4, 5].

Мета досліджень – вивчення дії озону на мікроорганізми різних таксономічних груп та продукти їх життєдіяльності.

Методи дослідження. Об'єктами дослідження були культури бактерій *E. coli* штам В і *St. aureus* штам 209 (одержані з колекції Харківського інституту імунології, вакцин і сирова-

ток АМН України), культура міксоміцетів *C. albicans* ATCC 885-653, спорова форма бактерій *B. Subtilis* (штами одержані з колекції ФК «Здоров'я»).

Комерційний стандартний препарат – бичачий сироватковий альбумін (БСА) фірми «SERVA», FractionV, мм 6700, концентрація білка в розчинах – 0,2-2 мг/мл.

Озон для дослідження одержували методом електросинтезу з кисню або з повітря за допомогою генератору озону, розробленого в Інституті проблем кріобіології і кріомедицини НАН України сумісно з Інститутом плазмової електроніки і нових методів прискорення національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут». В основу роботи покладено бар'єрний розряд. Концентрацію озону у водних середовищах вимірювали спектрофотометричним методом, визначали екстинкцію на смузі Хартлі при

255 нм на спектрофотометрі SPECORDUVVIS (Німеччина). Концентрація озону становила 6,8-7,0 мг/л за температури 20 °С.

Достовірність результатів дослідження дорівнювала 95 % [6].

Результати досліджень. Досліджено стерилізацію води, контамінованої мікроорганізмами різних таксономічних груп: бактерій *Escherichia coli* (*E. coli*), *Staphylococcus aureus* (*St. aureus*), дріжджоподібних грибів *Candida albicans* (*C. albicans*), спорової форми *Bacillus subtilis* (*B. subtilis*) шляхом барботування рідинних середовищ озono-повітряною сумішшю. У результаті нетривалого часу відбувалася повна інактивація бактерій. Бактерицидність озону визначалася його концентрацією, тривалістю контамінації з мікроорганізмами та

нався мікроорганізми, концентрацією розчиненого озону у воді та виду мікроорганізмів. Так, у фазі швидкого відмирання інактивація бактерій для *E. coli* залежала від концентрації озону. В повільній фазі швидкість загибелі *E. coli* незначно залежала від дози озону, що поглинався мікроорганізми. Наявність довгих «хвостових ефектів» у повільній фазі при інактивації озonom у воді різних мікроорганізмів можна пояснити захистом продуктами лізису живих бактерій від дії озону. Поглинання озону відмерлими бактеріями відбувається з великою швидкістю, що призводить до збільшення тривалості дезінфекції, і основна маса бактерій відмирає в період значного поглинання ними озону – рис. 1 [8].

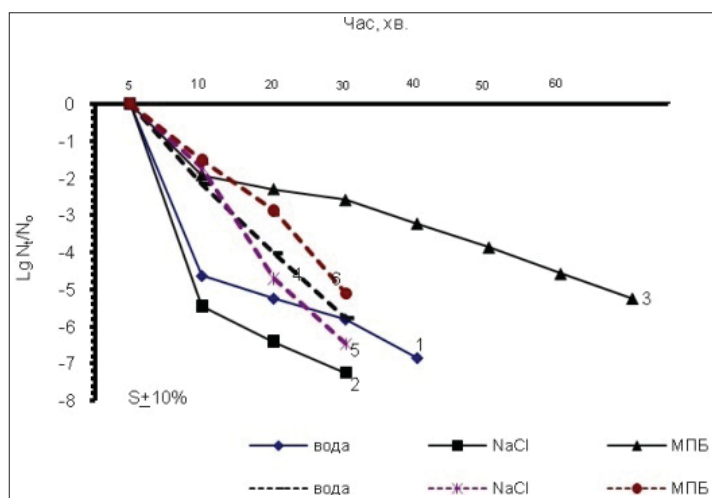


Рис. 1. Кінетичні криві загибелі бактерій *E. coli* при обробці озono-кисневою сумішшю: суцільні лінії – барботування озono-кисневою сумішшю з концентрацією озону 6,8 мг/л при температурі 20°C: 1 – в дистильованій воді, 2 – в 0,9 % розчині хлористого натрію і 3 – в МПБ. Пунктир – інкубація мікроорганізмів, висіяних в ті ж середовища: 4 – дистильована вода, 5–0,9 % розчин хлористого натрію і 6 – МПБ, попередньо оброблені протягом 30 хв. Барботуванням озono-кисневою сумішшю з концентрацією озону 6,8 мг/л при температурі 20°C.

Аналогічні дослідження проведени також на мікроорганізмах *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* [9]. Повна загибель мікроорганізмів в рідинних середовищах наставала через 60 хв. При барботуванні середовищ озono-кисневою сумішшю з концентрацією озону 6,8 мг/л, на кінетичних кривих можна виділити дві фази загибелі популяції мікроорганізмів під дією озону. На початковій фазі обробки озonom інактивація мікроорганізмів не спостерігається. Цей період характеризується часом накопичення озону та його поглинання мікроорганізмами. Далі починається фаза швидкої загибелі за принципом «доза-ефект». При цьому нахил кінетичної кривої змінюється з часом. Швидкість загибелі мікроорганізмів залежить від виду суспензійного середовища. Найбільшу швидкість

інактивації мікроорганізмів протягом усього експерименту спостерігали при використанні для суспендування клітин фізіологічного розчину.

Для повного розуміння механізмів дії озону на біополімери був використаний білок бичачий сироватковий альбумін (БСА) [10]. На рис. 2. показані спектри власної флуоресценції БСА після барботування розчинів БСА озono-кисневою сумішшю протягом різного часу.

Після барботування розчину озono-кисневою сумішшю протягом 6 хвилин власна флуоресценція БСА не реєструється, що свідчить про те, що під дією високої дози озону відбувається глибока деструкція молекул цього білка, а механізмами взаємодії озону з органічними речовинами [11] деструкція біополімерів пов'язана з руйнуванням ароматичного кільця і

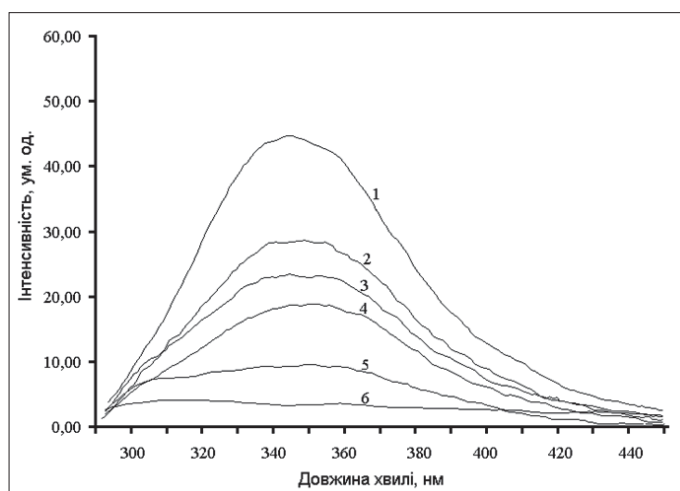


Рис. 2. Спектри власної флуоресценції БСА при барботуванні розчинів БСА озono-кисневою сумішшю з концентрацією озону 7,0 мг/л протягом різного часу. Час барботування у хвилинах: 1 – контроль; (без обробки озonom); 2-0,5; 3-1; 4-2; 5-4; 6-6 хвилин. Довжина хвилі збудження 280 нм.

подвійних С=С зв'язків. Така дія високих доз озону на біополімери може бути одним із механізмів його інактивуючого впливу на мікроорганізми.

Висновки

Одним із найбільш реальних і високоефективних методів очищення

у сучасній екологічній обстановці, що дозволяє істотно поліпшити якість питної води є озонування, яке носить універсальний характер дії. З бактеріологічної точки зору – бактерії різних таксономічних груп, що зустрічаються у воді, знищуються озоном за рахунок майже миттєвої інактивації.

Література

1. Прокопов В.А. Пути решения проблемы очистки фильтрата свалки твердых бытовых отходов г. Киева / В.А. Прокопов, Г.В. Толстомятов, Э.Д. Мактаз // Химия и технология воды. – 1995. – № 1. – С. 43-45.
2. Гирин В.Н. Санитарно-бактериологическое и вирусологическое исследование воды / В.Н. Гирин, Л.В. Григорьева, Л.Ф. Ерусалимская. – К.: Здоров'я, 1981. – 176 с.
3. Григорьева Л.В. Гигиенические аспекты изменения свойств микробиоценозов окружающей среды при радиоактивном загрязнении / Л.В. Григорьева, Г.Н. Корчак, Т.В. Бей, М.Ю. Антонов // Химия и технология воды. – 1995. – № 1. – С. 88-91.
4. Гончарук В.В. Озонирование как метод подготовки питьевой воды: возможные побочные продукты и токсикологическая оценка. / В.В. Гончарук, Н.Г. Потапченко, В.Ф. Вакуленко // Химия и технология воды. – 1995. – № 1. – С. 3-33.
5. Кожин В.Ф. Озонирование воды / В.Ф. Кожин, И.В. Кожин. – М.: Стройиздат, 1973. – 160 с.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1980. – 234 с.
7. Иерусалимский Н.Д. Основы физиологии микробов / Н.Д. Иерусалимский. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 242 с.
8. Белых И. А. Токсическое действие озона на бактерии *Escherichia coli* / И.А. Белых, И.П. Высеканцев, А.М. Грек, А.В. Сакун, В.В. Марущенко // Современные проблемы токсикологии. – 2009. – № 1. – С. 49-53.
9. Белых И. А. Токсическое действие озона на микроорганизмы *Staphylococcus aureus*, дрожжеподобные грибы *Candida albicans* и споровые формы *Bacillus subtilis* / И.А. Белых, И.П. Высеканцев, А.М. Грек, А.В. Сакун, В.В. Марущенко // Современные проблемы токсикологии. – 2010. – № 2-3. – С. 45-49.
10. Белых И.А. Изучение влияния озона на сывороточный альбумин и холинэстеразу методами оптической спектроскопии / И.А. Белых, Т.С. Дюбко, В.Д. Зинченко // Вісник ХНУ «Біофізичний вісник». – 2 (13). – Харків, 2003. – С. 104-110.
11. Разумовский С.Д. Озон и его реакции с органическими соединениями / С.Д. Разумовский, Г.Е. Заиков. – М.: Наука, 1974. – 322 с.