

минут позволяет снизить ХПК до 20%. Наиболее перспективной является схема, предусматривающая предварительную отдувку их сжатым воздухом с последующей обработкой совместно с хромосодержащими стоками и дальнейшей стоков нейтрализацией с кислотными стоками.

Объединение хромосодержащих и стоков, загрязнённых ЛКМ, при последующей их совместной обработке в реакторе-восстановителе ионов хрома (VI) до ионов хрома (III) позволяет эффективно провести процесс деструкции лакокрасочных материалов. Процесс оптимизируется кислой средой ($pH=2,5-3,0$) в присутствии традиционного катализатора хрома.

В процессе создания математической модели теоретически рассматривается процесс обработки объединённого потока хромосодержащих сточных вод и сточных вод, загрязнённых лакокрасочными

материалами, и возможность прогнозирования эффекта процесса очистки сточных вод.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Способ очистки сточных вод лакокрасочного производства и производств защитных покрытий и плат: патент на изобретение №12453(BY) / Е.А. Урецкий, В.В. Мороз – Заявка № а 20071107. 2007.09.11.
2. Заключение Белорусского НИИ санитарии гигиены Минздрава СССР на получение экологически безвредной продукции на основе керамических масс с добавкой осадка сточных вод от производств защитных покрытий, Информационные карты по результатам санитарно-химических исследований 1988 г.

Материал поступил в редакцию 04.03.15

MOROZ V.V., URETSKIY E.A., YUKHIMUK M.M. Mathematical model of technology of cleaning of drains of painting production within treatment facilities of the galvanic productions

A mathematical model and a description of technology of sewage treatment painting production within the treatment facilities electroplating.

УДК 628.544

Романовский В.И., Рымовская М.В., Бессонова Ю.Н., Ковалевская А.М., Лихавицкий В.В.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЗИНФЕКЦИИ СООРУЖЕНИЙ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ СРЕДСТВ И ОЗОНА

Введение. Обеззараживание воды применяется для устранения из нее болезнетворных и иных микроорганизмов и вирусов, из-за наличия которых вода становится непригодной для питья, хозяйственных нужд или промышленных целей. При этом дезинфекция инженерных сетей и сооружений является одним из видов обеззараживания и представляет собой комплекс мероприятий, направленных на уничтожение возбудителей инфекционных заболеваний и разрушение токсинов на поверхности объектов используемых систем.

В качестве обеззараживающих веществ широкое применение нашли гипохлорит кальция, гипохлорит натрия, хлорная известь.

Контроль за процессом и результатом дезинфекции воды осуществляют чаще всего путем определения общего микробного числа (ОМЧ), при этом учитываются все одноклеточные микроорганизмы, образующие колонии на полноценной питательной среде для бактерий. По численному значению этого показателя принимается решение о дозе вводимого обеззараживающего агента. Дополнительно контролируют количество бактерий группы кишечной палочки – это показатель общие колиформные бактерии ОКБ и термотолерантные колиформные бактерии ТКБ – свидетельство загрязнения питьевой воды бытовыми сточными водами, то есть возможного вторичного загрязнения (СанПиН 10-124-99). Определение количества колифагов, спор сульфитредуцирующих кластридий и цист лямблий дает ответы на вопросы о давности загрязнения бытовыми сточными водами и дополнительную информацию об эффективности обеззараживания, однако является более трудоемким, поэтому проводится реже.

Бактерия *Escherichia coli*, так называемая кишечная палочка, всегда присутствует в кишечнике человека и теплокровных животных; ее наличие в воде свидетельствует о загрязнении воды бытовыми сточными водами. Сама по себе кишечная палочка безвредна, она является лишь индикаторным организмом, характеризующим бактериальную загрязненность воды. Хлор, озон и другие обеззараживающие реагенты (средства) убивают кишечную палочку труднее, чем ряд других патогенных микроорганизмов, вызывающих желу-

дочно-кишечные заболевания, поэтому она является хорошим контрольным организмом (индикатором) при оценке эффективности процесса дезинфекции воды [1]. Кроме того, присутствие кишечной палочки в воде может быть определено значительно проще, чем присутствие других микроорганизмов кишечной группы. В то же время следует иметь в виду, что целый ряд микроорганизмов и вирусов значительно более резистентен в отношении хлора и других обеззараживающих средств, чем кишечная палочка. Наиболее устойчивы к биоцидным агентам эндоспоры бактерий, менее устойчивы грамотрицательные бактерии, наименьшей устойчивостью обладают грамположительные бактерии [2]. Дополнительным фактором устойчивости является формирование клетками бактерий в процессе жизнедеятельности капсул и слизи, чехлов. Устойчивость вирусов зависит от строения их оболочек. Различают два вида устойчивости микроорганизмов к дезинфицирующим веществам. Первый, это внутренняя невосприимчивость дезинфектанта к болезнетворным и иным микроорганизмам и вирусам, при этом достичь эффективного обеззараживания невозможно. Второй вид – это адаптация клеток микроорганизмов, вирусов к дезинфектанту [3, 4].

Согласно проведенным исследованиям [5], было выявлено, что вирус *Coxsackie A2* достаточно устойчив к свободному хлору, и для его инактивации необходимо от 7 до 46 раз больше свободного хлора, чем для инактивации *E. coli*. В последующем исследовании [5] было отмечено, что аденовирус типа 3 и *E. coli* показали одинаковую восприимчивость к свободному хлору. Еще одним устойчивым к хлору вирусом оказался вирус *Norwalk* [7]. При концентрации активного хлора 3,75 мг/л были инактивированы полиовирус 1, ротавирус человека и обезьяны, f2 бактериофаг, но не вирус *Norwalk*. Доказана [6] также устойчивость различных штаммов *S. typhi* и *Coli aerogenes* к хлору и хлорамину.

Кроме того, хлорсодержащие дезинфектанты обладают различной относительной дезинфицирующей активностью: от 0,5% для

Романовский В.И., старший преподаватель Белорусского государственного технологического университета.

Рымовская М.В., старший преподаватель Белорусского государственного технологического университета.

Бессонова Ю.Н., аспирантка Центрального научно-исследовательского института комплексного использования водных ресурсов.

Ковалевская А.М., студентка Белорусского государственного технологического университета.

Лихавицкий В.В., ассистент Белорусского государственного технологического университета.

Беларусь, БГТУ, 220050, г. Минск, ул. Свєрдлова, 13а.

хлорной извести (при рабочей концентрации 0,2–10,0%) до 5,5–10,0% для гипохлорита кальция (при рабочей концентрации 0,1–0,9%) и гипохлорита натрия (при рабочей концентрации 0,1–0,5%) соответственно [8].

Согласно исследованиям [9, 10] озонирование воды при температуре 20 °С и pH 7 инактивирует микроорганизмы в следующей последовательности: полиовирус 1 < *E. coli* < вирус гепатита А < *Legionella pneumophila* серогруппы 6 < споры сенной палочки. Так, при 20 °С необходимая концентрация озона для инаktivации вируса гепатита А находится в пределах 0,25–0,38 мг/л, а для инаktivации полиовируса 1–0,13 мг/л. Следует также отметить, что при температуре 10 °С озон эффективнее убивает вирус гепатита А и *E. coli*, чем при температуре 20 °С. Для сравнения, результаты исследований инаktivации вируса гепатита А хлором показали, что полная инаktivация его жизненного цикла обеспечивается при концентрации активного хлора 10–20 мг/л после 30 минут воздействия, при этом было доказано, что антигенность не была полностью уничтожена в этих условиях и некоторые фракции в кодирующей области были устойчивы к воздействию хлора [11].

Однако следует также отметить, что во многих исследованиях приводятся данные о различной устойчивости микроорганизмов, находящихся в окружающей среде и искусственно выращенных в лабораторных условиях, к дезинфицирующим веществам [12–16]. Кроме того, при сравнении дезинфицирующей способности веществ следует принимать во внимание тот факт, что многие исследования проводились при различных условиях (разная температура, pH и давление т.д.) и учесть их в одном показателе практически невозможно, поэтому и сравнивать полученные результаты необходимо с осторожностью.

Универсальным показателем для сравнения дезинфицирующей способности реагентов и для оценки гарантированного обеззараживания воды является показатель С-Т [17] – произведение концентрации дезинфицирующего вещества на время обработки, необходимое для достижения 100% инаktivации.

Цель работы – провести анализ инаktivации чистых культур микроорганизмов с использованием хлорсодержащих дезинфицирующих растворов и раствора озона в воде в сравнимых условиях.

Методы исследования. В качестве тест-организмов для определения эффективности дезинфекции использовались бактерии из коллекции кафедры биотехнологии и биоэкологии БГТУ: *Clostridium* sp. (сульфитредуцирующие бактерии, грамположительные, облигатные анаэробы, палочки, спорообразующие; присутствие их в водопроводной воде указывает на недостаточный уровень дезинфекции); *Pseudomonas fluorescens* (грамотрицательные, аэробные, неспорообразующие бактерии, способны к деградации галогенсодержащих органических веществ, синтезируют зеленоватый пигмент, способствующий хорошей визуализации колоний); *Escherichia coli* (грамотрицательные палочковидные бактерии, широко встречающиеся в нижней части кишечника теплокровных организмов, факультативные анаэробы, не образуют эндоспор; являются показателем вторичного загрязнения водопроводной воды бытовыми сточными водами).

Для сравнительного анализа эффективности дезинфекции использовались хлорсодержащие вещества, используемые в Республике Беларусь: хлорная известь, гипохлорит кальция, гипохлорит натрия, а также озон.

Для получения озона использовался экспериментальный озонатор фирмы ООО «Ровалант СпецСервис» [18].

В ходе эксперимента использовались следующие параметры обработки воды:

- хлорсодержащие вещества использовали в концентрациях 20, 50, 100, 150 мг/л при времени обработки 0,5–2 часа;
- обработка озонсодержащей газовой смесью проводилась от 20 с до 5 мин с расходом газовой смеси 4,4, 8,8 и 13,2 л/мин при концентрации озона в газовой смеси 2,6 г/м³.

Для изучения эффективности обеззараживания водопроводной воды хлорсодержащими реагентами в коническую колбу вносили стерильную водопроводную воду, суспензию бактерий, полученную в результате разведения ночной культуры в 10² раз (конечное разведение составляло 10⁴), и обеззараживающий реагент до создания требуемой действующей концентрации по активному компоненту. Смесь выдерживали требуемое время, затем делали высевы на поверхность

питательного агара (ПА), термостатировали при 30 °С 2 сут с подсчетом изолированных колоний. Контролем служила смесь без внесения обеззараживающего агента (высев из разведений 10⁻⁵ и 10⁻⁴).

Для изучения эффективности обеззараживания водопроводной воды озоном в коническую колбу вносили стерильную водопроводную воду, суспензию бактерий, полученную в результате разведения ночной культуры в 10² раз, и обрабатывали путем продувки ее озонородной смесью при различных режимах. Для отбора проб обработанной воды использовались стерильные пробирки Эппендорфа, высев обработанной суспензии на поверхность ПА выполнялся после дополнительного выдерживания в течение 30 мин. Засеянные чашки Петри термостатировали при 30 °С 2 сут с подсчетом изолированных колоний. Контролем служила смесь без внесения обеззараживающего агента (высев из разведений 10⁻⁵ и 10⁻⁴).

При количественном учете результатов (число колониеобразующих единиц на 1 мл жидкости, КОЕ/мл) учитывались только колонии с фенотипом, характерным для выбранных тест-организмов. В качестве контроля использовалась стерильная водопроводная вода с тем же количеством вносимой микробной суспензии соответствующего тест-организма.

Для количественной оценки эффективности обеззараживающего действия исследуемых веществ рассчитывали эффективность обеззараживания (\mathcal{E} , %) по формуле

$$\mathcal{E} = (X_{исх.} - X_{обез.}) \cdot 100\% / X_{исх.} \quad (1)$$

где \mathcal{E} – эффективность обеззараживания воды по исследуемому микробному показателю, %; $X_{исх.}$ – исходная концентрация микробных клеток (контроль), КОЕ/мл; $X_{обез.}$ – концентрация микробных клеток после обработки воды, КОЕ/мл.

Минимальное число параллельных опытов составляло не менее трех.

Математическая обработка результатов экспериментов проводилась с помощью программного пакета MathLab.

Результаты изучения эффективности дезинфекции озоном по исследуемым бактериям представлены на рис. 1–3.

Полученные результаты с суспензиями бактерий *E. coli* (рис. 1) с начальной концентрацией в обрабатываемой смеси $(4,6 \pm 1,5) \cdot 10^3$ КОЕ/мл показывают, что при использовании в качестве дезинфектантов хлорсодержащих реагентов гибель всех бактерий *E. coli* наступает после 1 часа обработки исследуемого раствора при концентрации активного хлора 50 мг/л, а при использовании озона – уже после 1 минуты наблюдается их 100% гибель.

Критерий С-Т при обработке хлорной известью составляет 6000 мг·мин/л; при обработке гипохлоритом кальция 1500 мг·мин/л; при обработке озоном 2 мг·мин/л при следующих параметрах обработки: расход газовой смеси 4,4 л/мин; концентрация озона в газе 2,7 г/м³; концентрация озона в воде 2 мг/л. То есть при условиях эксперимента 100% инаktivация бактерий *E. coli* наступает в 750 раз эффективнее при использовании озона, чем при использовании гипохлорита кальция и натрия и в 3000 раз быстрее, чем при использовании хлорной извести.

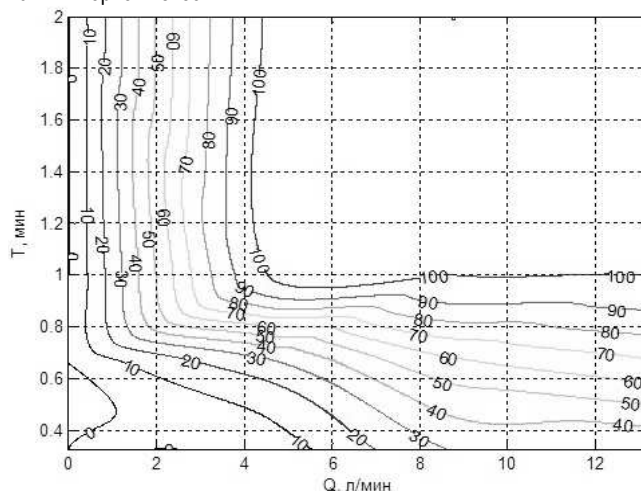


Рис. 1. Эффективность дезинфекции бактерий *E. Coli* озоном, %

Полученные результаты с суспензиями бактерий *Clostridium sp.* (рис. 2) практически сопоставимы с результатами, полученными для *E. coli* (рис. 1). При использовании в качестве дезинфектантов хлорсодержащих реагентов 100% гибель бактерий *Clostridium sp.* с начальной концентрацией в обрабатываемой смеси $(2,8 \pm 1,2) \cdot 10^3$ КОЕ/мл наступает после 1 часа обработки исследуемого раствора при концентрации активного хлора 20 мг/л, а при использовании озона – после 1 минуты наблюдается их 100% гибель.

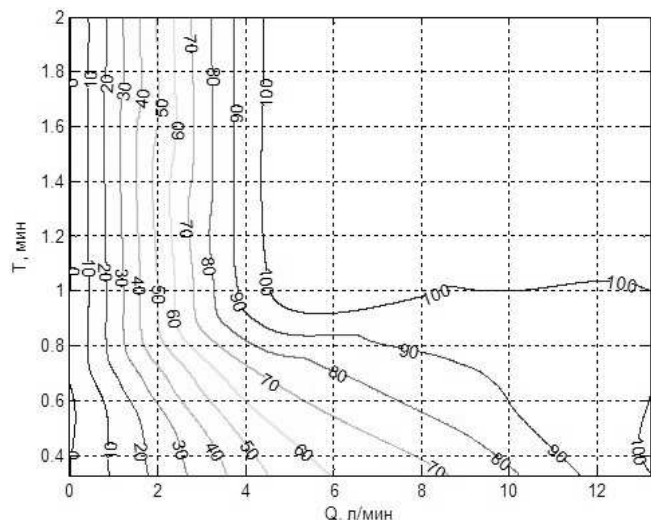


Рис. 2. Эффективность дезинфекции бактерий *Clostridium sp.* озонем, %

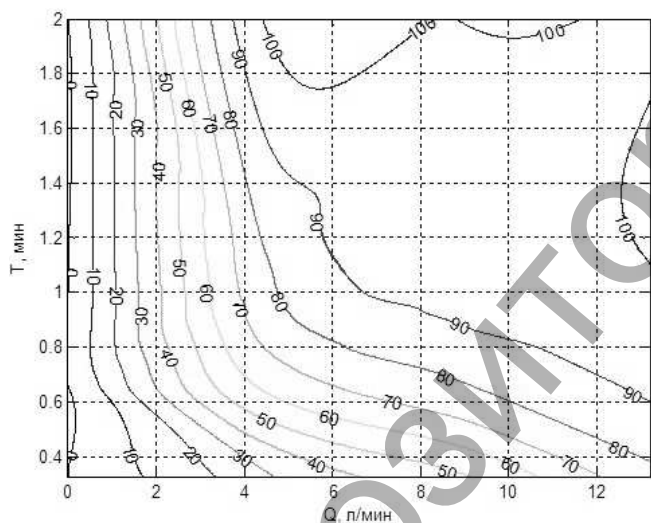


Рис. 3. Эффективность дезинфекции бактерий *Pseudomonas fl.* озонем, %

Критерий С·Т при обработке исследуемыми хлорсодержащими реагентами составляет 1200 мг·мин/л; при обработке озонем 2 мг·мин/л при следующих параметрах обработки: расход газовой смеси 4,4 л/мин; концентрация озона в газе 2,7 г/м³; концентрация озона в воде 2 мг/л. При условиях эксперимента 100% инактивация бактерий *Clostridium sp.* наступает в 600 раз эффективнее при использовании озона, чем при использовании хлорсодержащих дезинфектантов.

Полученные результаты с растворами бактерий *Pseudomonas fl.* (рис. 3) с начальной концентрацией в обрабатываемой смеси $(5,5 \pm 2,2) \cdot 10^4$ КОЕ/мл показывают, что при использовании в качестве дезинфектантов хлорсодержащих реагентов гибель бактерий *Pseudomonas fl.* наступает после 1 часа обработки исследуемого раствора хлорной известью с концентрацией активного хлора 50 мг/л и раствором гипохлорита натрия и кальция с концентрацией активного хлора 20 мг/л, а при использовании озона 100% гибель наблюдается уже после 1 минуты.

Критерий С·Т при обработке хлорной известью составляет 3000 мг·мин/л; при обработке гипохлоритом кальция и натрия со-

ставляет 1200 мг·мин/л; при обработке озонем 5 мг·мин/л при следующих параметрах обработки: расход газовой смеси 4,4 л/мин; концентрация озона в газе 2,7 г/м³; концентрация озона в воде 2 мг/л. При условиях эксперимента 100% инактивация бактерий *Pseudomonas fl.* наступает в 240 раз эффективнее при использовании озона, чем при использовании гипохлорита кальция и натрия и в 600 раз, чем при использовании хлорной извести.

Результаты изучения эффективности обеззараживания водопроводной воды хлорсодержащими реагентами показали, что при рекомендуемых СанПиН 10-124-99 условиях обработки (6–24 ч при концентрациях активного хлора 50–100 мг/л) обеспечивалось 100% обеззараживание воды для всех исследованных тест-организмов. Уменьшение времени воздействия до 0,5–1,5 часов и концентрации активного хлора до 20 мг/л привело к снижению эффективности обеззараживания гипохлоритом натрия воды, загрязненной бактериями *E. coli*, на 0,5–1%, тогда как эффективность воздействия хлорной известью сохранялась. Такие же закономерности наблюдались и при использовании хлорсодержащих дезинфицирующих веществ на бактериях *Clostridium sp.* (отсутствие роста при 20 мг/л для всех реагентов при времени воздействия 1 час) и *Pseudomonas fluorescens* (полное обеззараживание при 50 мг/л активного хлора хлорной извести и 20 мг/л активного хлора гипохлорита натрия при времени воздействия 1 час).

Таким образом, время дезинфекции озонем лимитируется скоростью растворения озона в воде до достижения определенной минимальной действующей концентрации [19]. Более подробные исследования по времени насыщения воды озонем и влияющим на него параметрам обработки представлены в исследованиях [20–22].

Заключение. На основании вышеизложенных результатов проведенных исследований можно сделать вывод, что использование озона для дезинфекции водозаборных скважин и сооружений питьевого водоснабжения позволяет до 30 раз сократить время, необходимое для 100% инактивации исследуемых бактерий.

Для практического использования озона необходимо обладать информацией, учитывающей вид и дозу обеззараживающего реагента, время, необходимое для достижения 100% инактивации микроорганизмов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Edberg, S.C. Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection/ S.C. Edberg, E.W. Rice, R.J. Karlin and M.J. Allen // Journal of Applied Microbiology. – 2000. – № 88. – P. 1068–1168.
2. Промышленная дезинфекция и антисептика / В.А. Галынкин [и др.] – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2008. – 229 с.
3. Russell, A.D. Understanding Antibacterial Action and Resistance, 2nd edn. / A.D. Russell, I. Chopra. – Chichester: Ellis Horwood, – 1996 – P. 292.
4. Russell, A. D. Bacterial resistance to disinfectants: present knowledge and future problems / A. D. Russell // Journal of Hospital infection. – 1999 – Vol. 1 – № 998. – P. 57–68.
5. Clark, N.A. The inactivation of purified coxsackie virus in water by chlorine / N.A. Clark, P.W. Kabler // Am. J. Hyg. USA. – 1954 – № 59. – P. 119–127.
6. Clark, N.A. The inactivation of purified type 3 adenovirus in water by chlorine / N.A. Clark, R.E. Stevenson, P.W. Kabler / Am. J. Hyg. – № 64 – 1956 – P. 314–319.
7. Bruce, H. Inactivation of Norwalk Virus in Drinking Water by Chlorine / H. Bruce et. / Applied and environmental microbiology: USA, – 1985, – Vol. 50 – № 2 – P. 261–264.
8. Heathman, L.S. Resistance of various strains of E. typhi and coli aerogenes to chlorine and chloramine / L.S. Heathman, G.O. Pierce, P. Kabler // Public Health Reports. – 1936. – V. 51. – P. 1367–1387.
9. Швецов, А.Б. Хлорные дезинфектанты и их применение в современной водоподготовке / А.Б. Швецов, А.В. Козырева, С.Г. Седунов, К.А. Тараскин // Молекулярные технологии – 2009 – № 3 – С. 98–121.

10. Herbold, K. Comparison of ozone inactivation: In flowing water of Hepatitis A virus, Poliovirus 1, and Indicator Organisms / K. Herbold, B. Fleming, K. Botzenhart // Applied and environmental microbiology: USA – 1989 – Vol. 55 – № 11 – P. 2949–2953.
11. Hunt, N.K. Kinetics of Escherichia coli inactivation with ozone / N.K. Hunt, B.J. Marin // Water Resources: Great Britain – 1997 – Vol. 31 – № 6 – P. 1355–1362.
12. Jun Wen Li Mechanisms of Inactivation of Hepatitis A Virus by Chlorine / Jun Wen Li [et al.] // Applied and environmental microbiology: USA – 2002 – Vol. 68 – № 10 – P. 4951–4955.
13. Hoff, J.C. Microbial Resistance to Disinfectants: Mechanisms and Significance / J.C. Hoff, E.W. Akin // Environmental Health Perspectives: USA – 1986 – Vol. 69. – P. 7–13.
14. Favero, M.S. Factors influencing the occurrence of high numbers of iodine-resistant bacteria in iodinated swimming pools / M.S. Favero, C.H. Drake // Applied Microbiology – 1966 – Vol. 14. – P. 627–635.
15. Carson, L.A. Factors affecting comparative resistance of naturally occurring and subcultured Pseudomonas aeruginosa to disinfectants / L.A. Carson [et al.] // Applied Microbiology – 1972 – Vol. 23 – P. 863–869.
16. Kuchta, J.M. Enhanced chlorine resistance in tap water-adapted Legionella pneumophila as compared with agar medium-passaged strains / J.M. Kuchta, S.J. States, J.E. McGlaughlin // Applied Environmental Microbiology – 1985 – Vol. 50 – P. 21–26.
17. Сооружения водоподготовки. Обеззараживание воды. Правила проектирования: ТКП 45-4.01-181-2009. Введ. 29.12.2010. – Минск: Госстандарт, – 2010. – 32 с.
18. Генератор озона: пат. Респ. Беларусь, МПК7 С 02 В 13/11 / С.М. Дмитриев, М. П. Кондратьев; заявитель ООО «РовалантСпецСервис». – № а2003040115, заявл. 04.01.03; опубл. 30.06.05 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2005. – № 2. – С. 54.
19. Драгинский, В.Л. Озонирование в процессах очистки воды / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, В.Г. Самойлович // Под ред. В.Л. Драгинского. – М.: Делта принт, – 2007. – 400 с.
20. Romanovski, V.I. Ozone disinfection of water intake wells and pipelines of drinking water supply systems / V.I. Ramanouski, A.D. Gurinovich, Yu.N. Chaika, P. Wawzhenyuk // Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances. – 2013. – № 3. – P. 51–56.
21. Романовский, В.И. Эффективность использования озона в технологии водоподготовки / В.И. Романовский, А.Д. Гуринович, П. Вавженюк // Водоочистка. – 2014. – №2. – С. 66–70.
22. Hurynovich, A.D. Analiza efektywności kaskadowego generatora ozonu / A.D. Hurynovich, V.I. Romanovski, P. Wawrzeniek // Economia i środowisko. – 2013. – № 1(44). – S. 156–164.

Материал поступил в редакцию 25.02.15

RAMANOUSKI V.I., RYMOVSKAIA M.V., BESSONOVA YU.N., LIKHAVITSKI V.V. Analysis of the disinfection effectiveness of drinking water supply facilities with the use of chlorinated disinfectants and ozone

In this paper a comparative analysis of the inactivation of microorganisms using chlorine-containing bleach and a solution of ozone in water under comparable conditions is given. As the test chlorine-containing substances: bleach, sodium hypochlorite and calcium hypochlorite were used. As test organisms to determine the efficacy of disinfection bacteria.

УДК 628.32: 54

Левчук Н.В., Новосельцева А.Г.

МЕТОД УДАЛЕНИЯ ФОСФАТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Введение. Как показывают результаты системного наблюдения за состоянием водных экосистем, основной причиной загрязнения водных объектов остается сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод. С учетом места нахождения водного объекта, его качественного состава, свойств сточных вод, в пунктах наблюдения обязательным условием является определение в воде химических, биологических и токсикологических показателей.

Наряду с такими показателями как содержание растворенного кислорода, БПК, ХПК, pH, содержание взвешенных веществ, определяются концентрации ионов: NH^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , концентрации нефтепродуктов, СПАВ и др.

В целом все загрязнения природных и сточных вод можно разделить на две группы: минерального и органического происхождения. Фосфаты содержатся в составе как минеральных, так и органических веществ. Превышение фонового содержания фосфатов обусловлено содержанием их в составе сточной воды, миграцией фосфатов с атмосферными и тальными водами, растворяющими минеральные удобрения сельскохозяйственных угодий, содержанием фосфатов в составе синтетических моющих средств.

Наибольшее негативное воздействие фосфатов проявляется в поверхностных водоемах и водотоках в районах с интенсивной антропогенной нагрузкой, вызывая существенные изменения состояния водных экосистем [1]. Поскольку фосфаты активно участвуют в процессах жизнедеятельности гидробионтов, повышенное содержание фосфатов можно оценить с помощью классических гидробиологических методов: биоиндикация и биотестирование. Например, на

основе анализа численности и видового состава фитопланктона.

Вместе с тем основным источником централизованного водоснабжения сельских и городских поселений Республики Беларусь являются подземные воды, имеющие практически повсеместно повышенное содержание железа, что не позволяет использовать их без очистки, как для хозяйственно-питьевых, так и для технических целей. При повышенном содержании железа природная вода должна подвергаться специальной обработке, т.е. обезжелезиванию. Таким образом, в условиях нашей республики в значительных объемах образуются промывные воды после станций обезжелезивания. Основным компонентом осадка, образующегося при осветлении промывных вод станций обезжелезивания, является трехвалентное железо в форме хлопьевидного гидроксида железа.

Одной из проблем, связанных с образованием железосодержащих осадков, является его утилизация (сброс в окружающую среду, реки, каналы, складки рельефа и др.), что приводит к накоплению неорганического шлама и загрязнению окружающей среды. Ликвидация осадков станций обезжелезивания связана с определенными трудностями технического и организационного характера. В практике очистки природных вод известны различные способы утилизации осадков, дающие определенный экономический эффект, например, использование осадка для создания жаростойкого покрытия при изготовлении поддонов и изложниц или в качестве добавок при выпуске портландцемента. Возможно также использование таких осадков при производстве строительных материалов, например, керамики [2].

Учитывая химический состав осадков, образующихся при обра-

Левчук Наталья Владимировна, к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Новосельцева Анна Геннадьевна, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.