

# ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ, ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

---

УДК 579.69

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗНЫХ МЕТОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

*А. Ю. Аброскин, И. Ю. Киреева*

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет  
(Россия)*

В статье приведен сравнительный обзор литературы по современным технологиям обеззараживания питьевой воды и обработки сточных вод.

**Ключевые слова:** обеззараживание, хлорирование, озонирование, реагенты, микроорганизмы, вирусы, ультрафиолет.

The article presents a comparative review of the literature on modern technologies of drinking water disinfection and in wastewater treatment.

**Keywords:** disinfection, chlorination, ozonization, reagents, microorganisms, viruses, ultraviolet.

Антропогенная нагрузка на гидросферу в настоящее время приобрела глобальный характер и существенно уменьшила доступные эксплуатационные ресурсы пресной воды на планете. Основная характеристика природной воды – химико–биологические свойства, определяющие ее пригодность для конкретных целей. Качество воды водоемов и водотоков должно соответствовать двум основным требованиям: удовлетворение хозяйственных интересов водопотребителей и водопользователей, и обеспечение жизни гидробионтов. В природе нет чистой или грязной воды, а есть определенные характеристики, удовлетворяющие требованиям водопотребителей–водопользователей. Как известно, самые жесткие требования, предъявляются к воде питьевой, которая должна быть безопасной в эпидемиологическом отношении, безвредной по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства в соответствии с требованиями СанПиП 2.1.4.559–96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» по микробиологическим, токсикологическим и органолептическим показателям. Именно поэтому, проблемы водоочистки и водоподготовки являются актуальными и требуют грамотного их решения[1].

**Цель исследования** – изучение преимуществ и недостатков разных методов обеззараживания воды.

**Предмет исследования** – технологии обеззараживания воды.

**Материалы и методы исследования** – анализ литературных данных по изучаемому вопросу, опирающийся на достоверные источники, в которых результаты исследований и показатели подтверждены научно.

Основными процессами водоподготовки питьевой воды являются: удаление грубодисперсных веществ путем отстаивания, фильтрования с предварительной реагентной обработкой; удаление мелкодисперсной взвеси коагулированным (коагулянт – сернокислый алюминий,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и флокулированием (добавляют полиакриламид ПАА); удаление патогенных микроорганизмов (обеззараживание воды — хлорирование, озонирование); удаление растворенных в воде газов (дегазация воды); устранение привкусов и запахов (дезодорация воды); смягчение и обессоливание воды; корректирование содержания в воде железа, марганца, кремниевой кислоты и фтора.

Микробиологические показатели определяют безопасность воды в эпидемическом отношении, поэтому «...обеззараживание воды – главный барьер на пути передачи водных инфекций. По данным статистики, в России более 11% проб качества питьевой воды не удовлетворяют требованиям действующего ГОСТ по бактериологическим показателям. Отмечается постоянный рост числа бактериальных и вирусных заболеваний, распространяемых водным путем» [1]. Ежегодно регистрируется около 30 инфекционных вспышек, связанных с водоснабжением (дизентерия, брюшной тиф, гепатит, менингит, болезнь Боткина, брюшной тиф, паратиф, шигеллез, сальмонеллез). Питьевая вода может быть источником и паразитарных болезней (лямблиоз) и яиц гельминтов (аскаридоз).

Начальные этапы обработки воды – осветление, обесцвечивание, отстаивание и фильтрование, позволяют уничтожить до 98% водных микроорганизмов. При этом, остальные 2% остаются в активном состоянии (среди них встречаются и патогенные). Именно поэтому после очистки воды, согласно санитарным нормам, должно проводиться ее обеззараживание — мероприятия по уничтожению в воде бактерий и вирусов, паразитов, вызывающих инфекционные заболевания. Обсемененность воды микроорганизмами характеризует общее число бактерий (ОЧБ) – общее микробное число в 1 мл воды и количество индикаторных бактерий группы кишечной палочки (БГКП). Методика определения основного вида этой группы – *Escherichia coli* значительно проще, чем другие бактерии этой группы. БГКП (КП)– показатель фекального загрязнения воды, имеющая высокий коэффициент устойчивости к обеззараживанию. Для человека *КП* не опасна. По СанПиН 2.1.4.1074-01 ОЧБ не должно превышать 100 кл/мо воды, коли-индекс, КИ (минимальное количество *КП* в 1 л воды) – не более 3, а коли-титр, КТ (минимальный объем воды, в котором допускается наличие 1 *КП*) – не более 333мл. Нормирования

качества воды по вирусологическим показателям (вируцидное действие) проводится по паразитологическим показателям в 25 л воды.

Различают химические (реагентные); физические (безреагентные) и комбинированные методы обеззараживания воды [2].

Химическое обеззараживание воды базируется на внесении в воду биологически активных химических соединений (ионы серебра, йод, озон, хлор). При этом, для достижения стойкого обеззараживающего эффекта важно правильно определить дозу вводимого реагента и обеспечить достаточную длительность его контакта с водой. Доза реагента определяется пробным обеззараживанием или расчетными методами. Для поддержания необходимого эффекта дозу реагента рассчитывают с избытком (остаточный хлор, остаточный озон), гарантируя уничтожение микроорганизмов, попадающих в воду через некоторое время после обеззараживания. *Преимущества хлорирования*: высокая эффективность, дешевизна реагента, простота технологического оборудования и обслуживания, единственный доступный метод для профилактической дезинфекции колодезной воды, длительное последствие (процесс повторного роста микроорганизмов приостанавливается при содержании остаточного хлора 0,3–0,5 мг/л). *Недостатки хлорирования*: высокая активность и токсичность, при спуске хлорорганических соединений через систему водоснабжения и канализацию загрязняют питьевую воду, реки (вниз по течению) или озера, опасность испарения или вытекания хлора при транспортировке или не соблюдении мер безопасности при хранении–использовании, отсутствие воздействия на паразитов (лямблии), а у некоторых бактерий возникает устойчивость к небольшим дозам хлора. *Преимущества применения диоксида хлора*: высокое бактерицидное и дезодорирующее свойства, отсутствие хлорорганических соединений, улучшение органолептических свойств воды, безопасность при транспортировке, состав приготавливается непосредственно на месте. *Преимущества использования хлорной извести, гипохлорита натрия и кальция*: уменьшение токсичности воды. *Недостатки*: большой расход раствора (в 3–5 раз больше, чем хлора), увеличение транспортных расходов, затраты на транспортировку, снижение концентрации реагентов при долгом хранении.

При озонировании воды образуется атомарный кислород, разрушающе действующий на ферментную систему микробных клеток, и окисляющий некоторые гуминовые соединения, придающие воде неприятный запах. Озон – сильнейший окислитель, энергично вступающий во взаимодействие со многими минеральными и органическими веществами, в т.ч. и с протоплазмой бактериальных клеток. Обеззараживающее действие озона на патогенную микрофлору в 15–20 раз, а на споровые формы бактерий в 300–600 раз сильнее, чем хлора. Количество озона для обеззараживания воды зависит от степени загрязненности воды и варьируется от 1 до 6 мг/л при контакте с водой 8–15 мин. Содержание остаточного озона не должно превышать

0,3– 0,5 мг/л, иначе в воде появится специфический запах, коррозия на элементах системы водоснабжения [3]. *Преимущества озонирования* – многокомпонентное воздействие на воду: обеззараживание, обесцвечивание, удаление запаха (дезодорирование), обеспечение устойчивых органолептических показателей, отсутствие высокотоксичных элементов в очищенной воде, высокий вируцидный эффект. *Недостатки озонирования* – дорогостоящий процесс, в высоких концентрациях – сильнодействующий яд, требует точного расчета дозировки и аккуратного применения, энергозатратный метод с применением сложной аппаратуры и высококвалифицированного персонала[4].

В основе физической (безреагентной) дезинфекции воды лежит воздействие физических факторов (температуры, гамма-излучение, ультразвук или УФ–лучи). Предварительная механическая очистка (фильтрация) удаляет взвешенные вещества, а коагуляция яйца гельминтов и большей части микроорганизмов. Преимущества кипячения воды общеизвестны: бактериологическая безопасность (вирусы, бактерии), дешевизна, уменьшения жесткости воды при сохранении ее органолептики, удаление антибиотиков и растворенных газов. УЗ – метод стерилизации воды основан на разрушительном воздействии ультразвуковой кавитации на ДНК бактерий. Данный метод пока не нашел широкого применения и используется не часто.

Наиболее современным и эффективным методом обработки воды от всевозможных разновидностей биологического заражения является УФ–обеззараживание воды. Наибольшее распространение этот метод получил при первичной очистке воды. После нее иногда проводят и вторую ступень очистки традиционным методом хлорирования. Популярность УФ-методу принесла его экономичность и экологическая эффективность, так как этот инновационный метод не требует применения реагентов, исключая возможность попадания в воду составляющих реагентов или побочных продуктов их взаимодействия с водой. Бактерицидное действие УФ-лучей давно используется в микробиологической практике для дезинфекции помещений, боксов, рабочих столов. Экспериментально установлено губительное действие средней части УФ–спектра (260–270 нм) на болезнетворных водных бактерий. Современные дезинфекторы на практике подтвердили теоретически прогнозируемые способности к очистке воды от бактерицидного загрязнения. УФ–лучи проникают через 25-сантиметровый слой прозрачной и бесцветной воды. Обеззараживается вода УФ–лучами происходит довольно быстро. После 1–2 мин облучения погибают вегетативные формы патогенных микроорганизмов. Ультрафиолет проникает в центр ядра клетки микроорганизмов, разрушает цепи ДНК, РНК и клеточные мембраны, способность к размножению подавляется и клетка гибнет. Следует отметить и высокий вируцидный эффект. Выход бактерицидной энергии составляет 11%

при оптимальной длине части излучаемых волн. Для более глубокого обеззараживания, т. е. уменьшение количества микроорганизмов на 99,00 и 99,99%, нужны дозы УФ–излучения, 6,9 и 15 мДж / см<sup>2</sup> соответственно. Антимикробный эффект относительно других видов микроорганизмов находится в диапазоне доз от 2,5 до 440 мДж / см<sup>2</sup>. Бактерицидные установки, работающие на светодиодных источниках света обеспечивают высокие технико-экономические показатели, улучшенные энергетические характеристики, но уменьшают эффект последствия за счет рассредоточения установки и многоступенчатой структуры системы обеззараживания воды. Мутность и особенно цветность, окраска и соли железа, снижая проницаемость воды для бактерицидных УФ–лучей, замедляют этот процесс. Надежная дезинфекция воды УФ–лучами достигается после ее предварительного осветления и обесцвечивания. Бактерицидные лучи не денатурируют воду и не меняют ее органолептических свойств, имеют более широкий спектр абиотического действия, пагубно влияют на споры, вирусы и яйца гельминтов, устойчивые к хлору. *Недостатки УФ–метода:* устойчивость дрожжей и грибов к УФ–лучам, отсутствие бактерицидного последствия, энергоемкость, усложнение оперативного контроля эффективности, т.к. результаты определения ОЧБ и КИ можно получить только через 24 ч инкубации посевов, а экспресс–метода определения остаточного свободного– связанного хлора или остаточного озона, в данном случае не существует [5].

Среди новых технологий окисления (очистка) и обеззараживания воды наиболее перспективными являются технологии, объединенные термином Advanced Oxidation Processes (AOP), охватывающие большой диапазон комбинированных физических и химических методов, способных удалять из воды примеси до очень низких концентраций: УФ и O<sub>3</sub>, УФ и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, УФ и O<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, УФ и TiO<sub>2</sub> и пр. Отличительная особенность этих методов – очень высокая эффективность обеззараживания за счет синергического эффекта (взаимоусиление отдельных воздействий каждым из применяемых средств). Степень усиления иногда достигает величин 10<sup>3</sup> – для микроорганизмов и 10<sup>2</sup> – для органических примесей. Особенно перспективно применение УФ–озоновой технологии для окисления и обеззараживания воды, что обусловлено уникальными свойствами возбужденного озono–кислородной смеси, как среды для протекания химических реакций. В процессе барботирования озона в воде и облучения УФ в диапазоне 200–300 нм происходит частичный распад озона. Высокая эффективность технологий Advanced Oxidation Processes (AOP) является следствием образования радикалов и запуска цепных радикальных процессов окисления органических и неорганических веществ, инактивации микроорганизмов [6].

**Выводы.** Таким образом, более современные методы обеззараживания воды обладают большим бактерицидным и вируцидным действиями, позволяют очищать без образования побочных продуктов и минимизировать затраты на проведение данной операции.

#### Список литературы

1. Алынин В. М., Волков С. В., Гильбух А. Я. Достоинства и недостатки промышленных методов обеззараживания воды. URL: <http://www.waterland.ru/sfwp-dinpmo/>
2. Специальные методы обработки воды. URL: <http://www.filtrvodi.ru/specialnye-metody-obrabotki-vody>
3. Kryshi I. R. Disinfection of drinking water // Gesundheits Ingenieur. 1985. V. 106. № 1.
4. Обеззараживание – плюсы и минусы разных способов. URL: [https://prom-water.ru/company/baza\\_znanij/rassylka\\_kompanii/obezzarazhivanie\\_plyusy\\_i\\_minusy\\_raznyh\\_sposobov/](https://prom-water.ru/company/baza_znanij/rassylka_kompanii/obezzarazhivanie_plyusy_i_minusy_raznyh_sposobov/)
5. Методические указания МУ 2.1.2.694-98. «Использование ультрафиолетового излучения при обеззараживании воды плавательных бассейнов» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 2 апреля 1998 г.) URL: [http://www.ecocentre.ru/normativy/normativy\\_22.pdf](http://www.ecocentre.ru/normativy/normativy_22.pdf)
6. Авчинников А. В. Гигиеническая оценка современных способов обеззараживания питьевой воды (обзор). Смоленская государственная медицинская академия. Гигиена и санитария. 2001. № 2. С. 11–22.

УДК 614.844

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕНЧЕРНЫХ ВОДЯНЫХ ЗАВЕС ДЛЯ ЭКРАНИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ

*Г. Б. Абуова\*, А. Ю. Игаева\*, М. С. Бодня\*, Е. В. Сычева\*\**

*\*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет,  
МБОУ «СОШ № 8» (Россия)*

В работе рассмотрены вопросы о возможном практическом использовании дренчерных водяных завес по экранированию теплового излучения от пожара, а также об использовании модели для сравнения эффективности различных технических средств (распылителей) по указанной характеристике.

**Ключевые слова:** *пожар, водяные завесы, дренчерные установки.*

The paper discusses the possible practical use of deluge water curtains for shielding thermal radiation from fire, as well as the use of a model to compare the efficiency of various technical means (sprayers) with this characteristic.

**Keywords:** *fire, water curtains, deluge installations.*

Способность воды поглощать и рассеивать излучение пожара обуславливает возможность применения водяных завес в условиях пожара для защиты людей и объектов от теплового воздействия. Вопросы применения распыленных струй воды для защиты от теплового излучения находятся под