

УДК 621.642.31:628.16

ОЦЕНКА ГИГИЕНИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ МЕТОДОВ БИОЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ БАССЕЙНОВ

Беляев А.Н.¹, Федоненко М.В.², Яхина М.Р.³, Красовский В.О.³, Даукаев Р.А.³, Аллаярова Г.Р.³,
Афонькина С.Р.³, Адиева Г.Ф.³

¹ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», Киров, Россия

²ФГБОУ ВО «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при
Президенте Российской Федерации», Москва, Россия

³ФБун «Уфимский НИИ медицины труда и экологии человека», Уфа, Россия

⁴ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Уфа,
Россия

Микробное загрязнение представляет серьезную проблему в области водоподготовки, и экологические требования сведены к поиску оптимальных решений, максимально безопасных для человека, щадящих по отношению к окружающей среде, а также обоснованных по соотношению доступность - эффективность.

На основе литературных данных и результатов собственных исследований произведен анализ гигиенической надежности методов обеззараживания воды хлорсодержащими препаратами и растворами ионов меди и серебра, полученных в установках синтеза олигодинамических растворов для пробоподготовки воды бассейнов.

Ключевые слова: вода, бассейн, дезинфекция, методы очистки

Для цитирования: Беляев А.Н., Федоненко М.В., Яхина М.Р., Красовский В.О., Даукаев Р.А., Аллаярова Г.Р., Афонькина С.Р., Адиева Г.Ф. ОЦЕНКА ГИГИЕНИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ МЕТОДОВ БИОЦИДНОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ БАССЕЙНОВ. Медицина труда и экология человека. 2020;1:82-89

Для корреспонденции: Беляев Андрей Николаевич – генеральный директор ООО НИП "АКВАЭФФЕКТ", к.т.н., e-mail: gendir@aqua-effect.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2020-10109>

ASSESSMENT OF HYGIENIC RELIABILITY OF BIOCIDAL POOL WATER PROCESSING METHODS

A.N. Belyaev¹, M.V. Fedonenko², M.R. Yakhina³, V.O. Krasovsky^{3,4}, R.A. Daukaev³, G.R. Allayarova³, S.R. Afonkina³, G.F. Adieva³

¹Vyatka State University, Kirov, Russia

²The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

³Ufa Research Institute of Occupational Health and Human Ecology, Ufa, Russia

⁴FSBEI HE «Bashkir State Medical University», MZ RF, Ufa, Russia

Microbial contamination poses a serious problem in the field of water treatment. Environmental requirements have been reduced to the search for optimal solutions that are as safe as possible for humans, and sparing in terms of the environment. They are also justified in terms of: availability - efficiency.

Based on the literature data and the results of our own research, we have analyzed the hygienic reliability of water disinfection methods with chlorine-containing preparations and solutions containing copper and silver ions, obtained in the synthesis-oligodynamic solutions for sample preparation of pool water.

Keywords: water, pool, disinfection, cleaning methods

For quotation: A.N. Belyaev¹, M.V. Fedonenko², M.R.Yakhina³, V.O.Krasovsky^{3,4}, R.A. Daukaev³, G.R. Allayarova³, S.R. Afonkina³, G.F. Adieva³ · ASSESSMENT OF HYGIENIC RELIABILITY OF BIOCIDAL POOL WATER PROCESSING METHODS. Occupational health and human ecology. 2020; 1:82-89

For correspondence: Belyaev Andrei Nikolaevich - General Director, "AQUAEFFECT" LLC, Candidate of Technical Sciences, e-mail: gendir@aqua-effect.ru

Funding: The study had no funding.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

DOI: <http://dx.doi.org/10.24411/2411-3794-2020-10109>

Введение

Сохранение и развитие человеческого капитала напрямую зависит от уровня инфляции, создания и модернизации рабочих мест, качества жизни [1].

Указом Президента от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» дан старт реализации 12 национальных проектов, среди которых «Здравоохранение», «Демография», «Экология», «Наука», «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы». С 2010 года совместно с Министерством образования и науки Российской Федерации и с 2013 года с Министерством здравоохранения Российской Федерации реализуется проект партии «Единая Россия» «500 бассейнов» при участии российского бизнеса. Стремительное развитие спортивной инфраструктуры по всей стране стал ключевым фактором повышения конкурентоспособности российских компаний. Полученный социальный эффект — это возможность выбора, удовлетворяющего требованиям шаговой доступности и режима работы спорткомплекса, финансовых возможностей населения.

Задача спортбизнеса – создать эти качественные услуги для чего необходимо генерировать и на практике реализовывать инновационные решения [2]. Существенным моментом является то, что деятельность предпринимателя должна гарантировать безопасность потребителю услуги, быть рентабельной, осуществляться в рамках закона [3] и нормативов отрасли.

Целью данного исследования послужила оценка гигиенической надежности химико-биоцидной обработки воды бассейнов хлорсодержащими препаратами и растворами меди и серебра.

Материал и методы исследования

В принятых нормативных документах [4,5], предъявляющих гигиенические требования к качеству воды бассейнов и аквапарков в основе подготовки утверждены озонирование, ультрафиолетовое облучение, хлорирование и в качестве допущения использование других методов обеззараживания, имеющих положительное санитарно-эпидемиологическое заключение.

В НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина, в лабораторных и натуральных испытаниях, изучена эффективность и безопасность более 30 наименований препаратов,

область применения которых распространяется на плавательные бассейны и кратковременное использование для обеззараживания индивидуальных запасов воды в походных или военных условиях. Оценка реагентных методов обеззараживания осуществлена ими по показателям острой токсичности, предельно допустимым концентрациям в воде:

- самого исходного средства,
- продуктов его гидролиза,
- продуктов трансформации веществ, образовавшихся в процессе обеззараживания воды,
- наличию опасных примесей в промышленном образце.

Они констатировали, что сравнительный анализ опасности реагентных методов обеззараживания воды препаратами, относящимися к 8 химическим классам, по комплексу критериев показал отсутствие идеального средства.

Особую настороженность вызывает возможность самостоятельного комбинирования персоналом бассейнов нескольких химических систем водоподготовки. Так, например, одновременное использование диоксида хлора или серебра с препаратами, именуемыми в торговле «активным кислородом», по результатам работы Е.А. Тульской и ее коллег, существенно повышает опасность для организма человека [6]. Однако Жусев В.М. запатентовал соотношение компонентов дезинфицирующего водного раствора: ионы серебра 0,01-1,5 г/л; молочная кислота 1-50 г/л; перекись водорода, 33%-ная 0,1-3 г/л [7], т.е. патентообладатель предлагает к использованию в здравоохранении, пищевой и фармацевтической промышленности, на предприятиях коммунального хозяйства, для обеззараживания и консервации питьевой воды, дезинфекции плавательных бассейнов препарат без каких бы то ни было исследований на биоте. Подобных разработок в интернете попадает немало и включает перечень из 20 наименований химических средств дезинфекции в приложении 3 СанПиН 2.1.2.1188—03, однако этим же документом регламентируются только хлорирование и озонирование [8].

Нами было произведено сравнение водоподготовки путем хлорирования [9, 10, 11] как наиболее распространенного способа и электролиза серебра и меди по материалам 445 протоколов с общим числом анализов 23450 ед., предоставленным ООО Научно-инновационное предприятие «АКВАЭФФЕКТ».

Анализ воды 6 бассейнов в течение 5 лет выполнялся аккредитованными испытательными лабораторными центрами ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии в Удмуртской Республике, ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии в Кировской области» и ФГБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии № 52 Федерального медико-биологического агентства».

Результаты исследования и их обсуждение

Нормативно чистая вода плавательных бассейнов — это результат грамотно разработанных методов обеззараживания воды и правильно организованного режима водообмена, обеспечивающий:

- биологическую защиту от вирусных, бактериальных, грибковых, паразитарных возбудителей болезней;
- химическую безопасность кожного покрова, органов дыхания, слизистых оболочек глаза и полости рта и желудочно-кишечного тракта.

В справочном пособии к СНиП 2.08.02-89 «Проектирование бассейнов», кроме того, предусматриваются дополнительные требования к цветности - не более 5°, содержанию

взвешенных веществ в открытых ваннах - не более 2 мг/л, в крытых – не более 1 мг/л, прозрачности по кресту – на всю глубину ванны.

Президент Общероссийского отраслевого объединения работодателей «Союз предприятий и организаций, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов и защиту окружающей среды “Экосфера”» Ажгиревич А.И. приводит технико-экономические доводы химико-биоцидной обработки воды [12]. Активность хлорсодержащих препаратов идет по ниспадающей: гипохлорит натрия → хлор → гипохлорит кальция → хлорная известь. Изменения бактерицидного эффекта наиболее используемых реагентов наглядно продемонстрированы на рисунке 1.

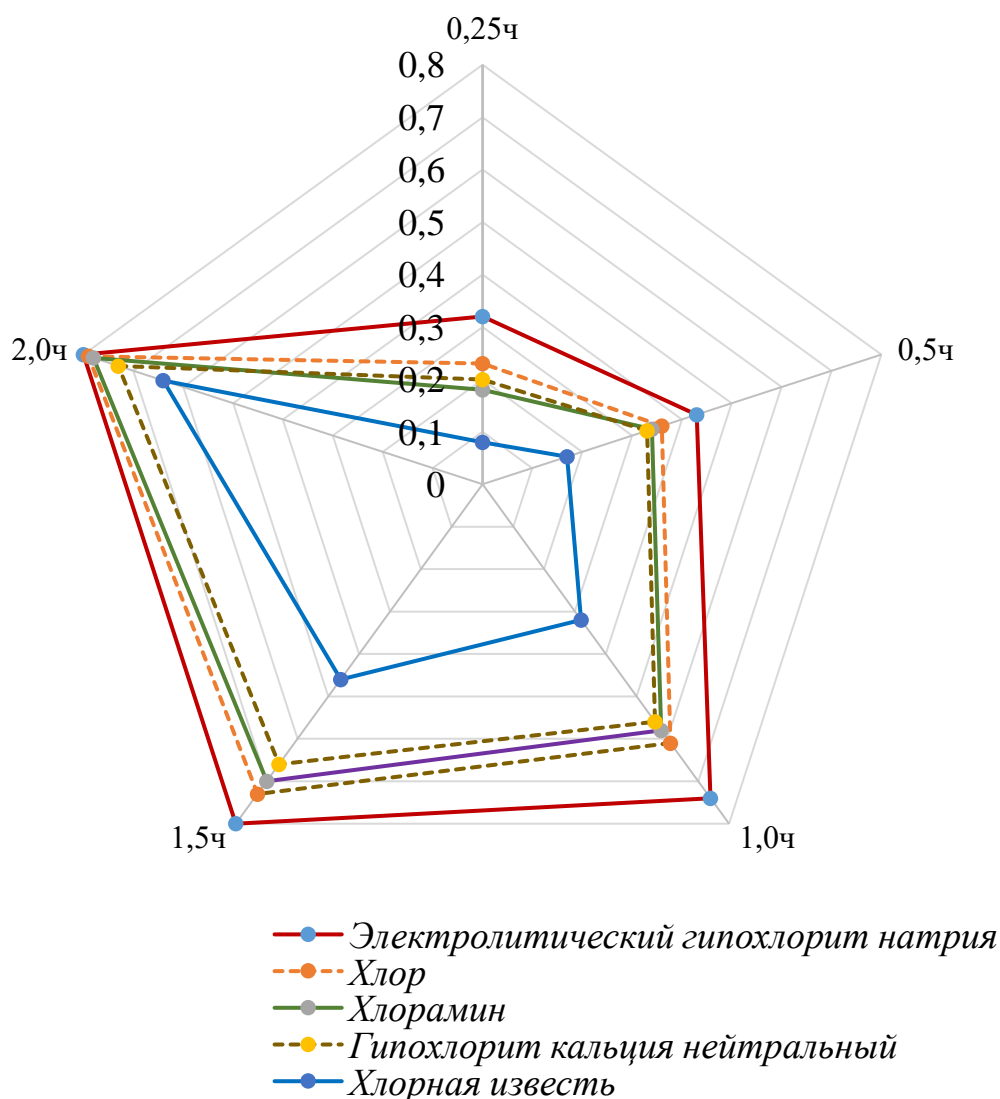


Рис. 1. Число погибших микроорганизмов ($\cdot 10^5$) в расчете на 1 мг препарата при времени экспозиции, ч

Кроме различий в продолжительности антимикробного действия хлорсодержащие препараты в разной степени, но все же насыщают воду галогенсодержащими соединениями и другими продуктами собственной трансформации, обладающими канцерогенными свойствами; для транспортировки и использования молекулярного хлора требуются повышенные меры безопасности; весьма энергозатратен способ получения активного хлора из гипохлорита натрия,

при котором для реакции 1 кг NaOCl и 9-12 кг NaCl расход электроэнергии составляет свыше 5 кВт/ч [13].

Совместной работой ученых Института электрофизики и электроэнергетики и Института физиологии им. А.А. Ухтомского [14] в качестве наиболее вероятного механизма пролонгированной микробной устойчивости воды было определено поражающее действие на бактерии ионов серебра, меди и железа. По их результатам наивысшей бактерицидностью обладает вода, обработанная с помощью серебряных электродов.

Уфимским НИИ медицины труда и экологии человека в ходе выполнения научно-технического исследования произведена оценка гигиенической надежности и безопасности для здоровья пользователей олигодинамических растворов установок синтеза АЭ-1, поставленных научно-инновационным предприятием «АКВАЭФФЕКТ» в 25 бассейнах Кировской, Московской, Калужской областей, республик Марий Эл, Чувашия, Удмуртия, Башкортостан.

Воду данных бассейнов подвергают ступенчатой обработке солями алюминия (стадия коагуляции), из расчета 0,05 г Al на 1 кубический метр циркуляционного расхода, с последующими фильтрацией через слой кварцевого песка [15] и стабилизацией соляной кислотой для поддержания pH на уровне 7-7,5 [16]. В систему фильтрации бассейна под действием слабого тока в блоке электродов выделяются ионы серебра, сдерживающие размножение вирусов и бактерий, и ионы меди, подавляющие рост водорослей. При поступлении в воду бактерицидных ионов большая их часть связывается с микрофлорой, а меньшая часть - остается в растворе в остаточных концентрациях ниже уровня, при котором серебро может проявить свою токсичность, а медь придать воде окраску и горьковатый вкус и увеличить скорость коррозии гальванической арматуры.

В Башкирии установки данного типа функционируют в бассейнах детских центров «Бухта-Барахта», практикующих грудничковое плавание, что повышает планку требований к гигиенической надежности и безопасности олигодинамического обеззараживания воды.

В соответствии со стандартной процедурой отобранные в бассейнах пробы воды были проанализированы по физическим (органолептика), микробиологическим (колифаги, золотистый стафилококк, термотолерантные и общие колиформные бактерии, возбудители кишечных инфекций, синегнойная палочка, цисты лямблий, яйца и личинки гельминтов) и химическим (хлороформ, формальдегид, серебро и медь) показателям.

Органолептический критерий нельзя отнести к критериям вредности, поскольку его составляющие не обладают опасным действием, но вызывают в первую очередь, неприятные ощущения. И, кроме того, наличие мутности, цветности и запаха воды могут свидетельствовать о микробном или грибковом загрязнении.

В протоколах микробиологических исследований за пять лет содержатся только отрицательные результаты, что служит критерием гигиенической надежности и безопасности установок АЭ-1 и подтверждает достижение дезинфицирующего эффекта очищаемой воды.

Как уже было сказано ранее, самым важным является определение того необходимого и достаточного количества вырабатываемых ионов, при котором процесс подавления микрофлоры осуществлен полностью, а избыток металла присутствует в воде в минимальных, но все же достаточных для пролонгации эффекта концентрациях.

Таблица содержит итоговые показатели дескриптивной статистики органолептического фактора и ионов металлов.

Таблица

Статистика органолептических и ионизированных свойств воды

Наименование показателя	Мутность, мг/л	Цветность, градусы	Запах, баллы	Ионы	
				Серебра, мг/л	Меди, мг/л
Норматив	≤2,0	≤20	≤3	0,05	1,0
Среднее	<0,58	2,4 ± 1,5	1	0,024 ±0,003	0,221 ±0,014
Мода	<0,58	2,4	0	0,009	0,17
Медиана	<0,58	2,2	0	0,0111	0,22
Максимум	1,7	7,3	2	0,422	0,92
Минимум	<0,58	0,3	0	0,0005	0,001

Суммарная обобщенная оценка признаков надежности (обобщенный показатель равен 0,904) указывает на отсутствие превышений гигиенических нормативов в двух критериях, органолептическом и ионном, в проанализированной совокупности 594 пар «норматив-результат».

При этом размеры обобщенных индексов указывают на отсутствие возможности появления результата с превышением гигиенических регламентов.

Выводы

1. Оценка опасности реагентных методов обеззараживания воды не выявила безупречного средства. Учет достоинств и недостатков методов обеззараживаемой воды может позволить снизить опасность за счет прикладных исследований комбинации различных методов и технологических решений.
2. Достаточными критериями гигиенической надежности методов обеззараживания воды бассейнов, использующих водопроводную воду, являются исследования: микробиологические в соответствии с МУК 4.2.1018-01 (п. 8.1 – 8.4), органолептические - на мутность, цветность и запах, санитарно-химические - на определение вносимых препаратов и их дериватов.
3. Статистика санитарно-химических анализов воды, вырабатываемой установкой АЭ-1, не выявила наличия микроорганизмов и нарушений по органолептике, определила средние величины концентраций ионов: серебра - 0,024 ± 0,003 мг/л, меди - 0,221 ± 0,014 мг/л.
4. Отсутствие нарушений допустимых уровней в водах 6 бассейнов на протяжении 5 лет позволяет рассматривать концентрации серебра 0,024 мг/л и меди 0,221 мг/л как отправную точку определения нижнего предела необходимого и достаточного количества ионов для получения воды надлежащего качества.

Список литературы:

1. Громова Н.В. Человеческий капитал как фактор социально-экономического развития России. Вестник Волжского университета имени В.Н. Татищева. 2019; 1 (2): 14-22.
2. Громова, Н.В. Роль человеческого капитала в обеспечении конкурентоспособности современных компаний. Современная конкуренция. 2014; 6: 124-32.
3. Скворцова Галина Николаевна. Законодательные пробелы и способы их преодоления и устранения Конституционным Судом Российской Федерации. Огарев-Online. 2016; (8): 99-101.
4. СанПиН 2.1.2.1188-03. Официальное издание. *Плавательные бассейны. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды. Контроль качества: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы*. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003.
5. СанПиН 2.1.2.1331-03 «Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды аквапарков». 2003.
6. Тульская Е.А., Жолдакова З.И., Мамонов Р.А. Научное обоснование гигиенических критериев санитарно-эпидемиологической оценки средств обеззараживания воды. Гигиена и санитария. 2014; 6: 13–17.
7. Жусев В.М., Ушаков А.А. Изобретение; Дезинфицирующий водный раствор (варианты). РФ патент 2414912. 27.03. 2011.
8. Жолдакова З.И., Синицына О.О., Тульская Е.А., Одинцов Е.Е. О гигиеническом нормировании химических средств обеззараживания воды в плавательных бассейнах. Гигиена и санитария. 2007; 5: 76–80.
9. Тульская Е.А. Сравнительная безопасность средств обеззараживания воды. ЗНиСО. 2012; 11: 22-5.
10. Вандышев, А.Б., Куликов, В.А., Никишин, С.Н., Акрамов, Р.Л. Нормирование и практика обеззараживания воды в плавательных бассейнах. Гигиена и санитария. 2010; 1:89-93.
11. Рогожкин Г. И. Очистка и обеззараживание воды в бассейнах. Сантехника. 2003, 4: 4-10.
12. Ажгиревич А.И. Возможные пути повышения эффективности использования хлорсодержащих дезинфектантов в технологиях биоцидной обработки воды. Экологические технологии и инновации. 2018, 4: 128-33.
13. Тихонова Н.А., Ручкина О.И. Сравнительный анализ методов обеззараживания воды в бассейне. Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2013, 4: 155-66.
14. Коликов В.А., Курочкин В.Е., Панина Л.К., Рутберг А.Ф., Рутберг Ф.Г., Снетов В.Н., Стогов А.Ю. Пролонгированная микробная устойчивость воды, обработанной импульсными электрическими разрядами. Журнал технической физики. 2007; 77 (2): 118-25.
15. ГОСТ Р 53491.1-2009 Бассейны. Подготовка воды. Часть 1.
16. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.

References:

- 1 Gromova N.V. Human capital as a factor of social and economic development of Russia. Bulletin of the Volga University named after V.N. Tatishchev. 2019; 1 (2): 14-22.
- 2 N. Gromova. The role of human capital in ensuring the competitiveness of modern companies. Modern competition. 2014; 6: 124-32.
- 3 Skvortsova G. N. Ways of legislative gaps overcoming and eliminating by constitutional court of Russian Federation. Ogaryov-Online. 2016; (8): 99-101.
- 4 SanPiN 2.1.2.1188-03. The official publication. Swimming pools. Hygienic requirements for the design, operation and quality of water. Quality Control: Sanitary and epidemiological rules and regulations. M.: Federal Center for State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Russian Health Ministry. 2003
- 5 SanPiN 2.1.2.1331-03 "Hygienic requirements for the design, operation and quality of water in water parks." 2003
- 6 Tul'skaya E.A., Zholdakova Z. I., Mamonov R.A. Scientific substantiation of hygienic criteria for sanitary-epidemiological assessment of chemical water disinfectants Gigiena i sanitariya. 2014; 6: 13–17.
- 7 Zhusev V.M., Ushakov A.A. Invention; Disinfecting water solution (options). RF patent 2414912 27.03. 2011
- 8 Zholdakova Z.I., Sinitsyna O.O., Tul'skaya Ye. A., Odintsov Ye. Ye. Hygienic standards of chemicals for water sterilization in the swimming pools Gigiena i sanitariya. 2007; 5: 76–80.
- 9 Tul'skaya E.A. Comparative safety of water disinfection means. ZNiSO. 2012; 11: 22-5.
- 10 Vandyshv A.B., Kulikov, V.A., Nikishin, S.N., Akramov, R.L. Water decontamination in the swimming pools: Standardization and practice. Hygiene and sanitation. 2010; 1: 89-93.
- 11 Rogozhkin G.I. Purification and disinfection of water in swimming pools. Sanitary engineering. 2003; 4: 4-10.
- 12 Azhgirevich A. I. Possible ways of the increase in efficiency of the use of chlorine-containing disinfectants in technologies of biocidal water processing. Environmental technologies and innovations. 2018; 4: 128-33.
- 13 Tikhonova N.A., Ruchkinova O.I. Comparative analysis of methods for disinfecting water in the pool. Vestnik PNIPU. Urbanistika. 2013; 4: 155-66.
- 14 Kolikov V. A., Kurochkin V. E., Panina L. K., Rutberg A. F., Rutberg F. G., Snetov V. N., Stogov A. Yu. Prolonged microbial stability of water treated with pulsed electric discharges. Journal of technical physics. 2007; 77 (2): 118-25.
- 15 GOST R 53491.1-2009 Pools. Water preparation. Part 1
- 16 SANPIN 2.1.4.1074-01. Potable Water - Hygienic Requirements for Water Quality in Central Potable Water Supply Systems - Quality Control

Поступила/Received: 19.12.2019

Принята в печать/Accepted: 27.02.2020