БИОЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОЛИЗНОГО РАСТВОРА ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВИРОВАННОГО РАСТВОРА АНОЛИТА НЕЙТРАЛЬНОГО

ЧЕРКАСОВА О.А., БУРАК И.И., РАДИШЕВИЧ А.А., УРАЗОВА Н.И., ЛОПАТНЕВА И.И.

УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»; кафедра общей гигиены и экологии

Резюме. Гипохлорит натрия, производимый на установке типа «ГПХН» ЗАО «Белстройтехнология» (г. Минск, Республика Беларусь) с бездиафрагменным реактором, и анолит нейтральный, производимый на установке типа «Аквамед» УП «Акваприбор» (г. Гомель, Республика Беларусь) с диафрагменным реактором, можно применять для обеззараживания плавательных бассейнов. Целью данной работы было изучение бактерицидной и фунгицидной активности электролизного гипохлорита натрия и электрохимически активированного анолита нейтрального.

В результате исследований установлено, что электролизные водно-солевые растворы гипохлорита натрия и электрохимически активированные водно-солевые растворы анолита нейтрального обладают физико-химическими свойствами и биоцидной активностью, отвечающими предъявляемым требованиям к дезинфицирующим средствам, что позволяет рекомендовать их для практического применения в плавательных бассейнах. Фактор редукции составил > 5 lg, что соответствует требованиям СанПиН21-112-99 «Нормативные показатели безопасности и эффективности дезинфекционных средств». Растворы показали высокую биоцидную активность на поверхностях и в воде как в условиях эксперимента, так и в условиях практического применения в бассейне. Гипохлорит натрия в рабочей концентрации 0,25 % и 0,5 % и анолит нейтральный в рабочей концентрации 0,025 % вызывают полную гибель типовых тест-культур Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Candida albicans в течение 30 и 60 минут с белковой нагрузкой и без нее. Дезинфицирующие растворы гипохлорита натрия и анолита нейтрального зарегистрированы Министерством здравоохранения Республики Беларусь и утверждены инструкции по их применению.

Ключевые слова: дезинфекция, гипохлорит натрия, анолит нейтральный, бактерицидная активность, фунгицидная активность.

Abstract. Sodium hypochlorite, received by means of «GPCN»-type apparatus, having no diaphragm reactor, of the closed joint-stock company «Belstroytechnologya» (Minsk, Republic of Belarus), and neutral anolyte, received by means of «AQUAMED»-type apparatus, having diaphragm reactor, of the unitary enterprise «Aquapribor» (Gomel, Republic of Belarus) is possible to apply for swimming pool disinfection. The aim of this investigation was to study the bactericidal and fungicidal activity of electrolytic sodium hypochlorite and electrochemically activated neutral anolyte.

The received results of the investigation showed, that electrolytic water-salt solutions of sodium hypochlorite and electrochemically activated water-salt solutions of neutral anolyte possess physical and chemical properties and biocidal activity that met the requirements to disinfectants thus allowing to recommend them for practical application in swimming pools. The reduction factor was > 5 lg, that conforms the SanRaN 21-112-99 « Normative parameters of safety and efficiency of disinfection means» requirements. Solutions have shown the high biocidal activity on surfaces and in water both in conditions of the experiment, and in practical application in the swimming pool. Sodium hypochlorite in 0,25 % and 0,5 % working concentrations and neutral anolyte in 0,025 % working concentration cause the full destruction of the typical test-cultures Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Candida albicans for 30 and 60 minutes with albuminous protection and without it. The disinfectant solutions of sodium hypochlorite and neutral anolyte have been registred by Ministry of Health of the Republic of Belarus and the instructions on their application have been confirmed.

Адрес для корреспонденции: Республика Беларусь, г.Витебск, ул. П.Бровки, 15-3-99, д. тел. 37-08-28, моб. 8-029-896-43-71. - Черкасова О.А.

Дезинфекция является одним из методов профилактики инфекционной заболеваемости [1]. Дезинфицирующие средства используются для проведения текущей и заключительной дезинфекции, профилактической дезинфекции в организациях здравоохранения, дошкольных и школьных учреждениях образования, спортивно-оздоровительных комплексах, коммунальных объектах, предприятиях общественного питания, пищевой промышленности, транспорта [2]. Важное значение имеет использование дезинфицирующих средств в плавательных бассейнах при санитарной обработке воды, поверхностей помещений и оборудования с целью предотвращения передачи возбудителей ряда инфекционных заболеваний среди посетителей и персонала бассейна [3-5].

При выборе дезинфицирующих средств предпочтение отдается средствам, обладающим широким спектром антимикробного действия, малой токсичностью, длительными сроками использования, медленным формированием резистентных вариантов микроорганизмов, низкой агрессивностью по отношению к материалам, экологической безопасностью, стабильностью при хранении и транспортировке, низкой стоимостью [1, 2, 6, 11]. На сегодняшний день этим требованиям отвечают электролизный гипохлорит натрия (ГПХН) и электрохимически активированный анолит нейтральный (АН) [1, 2, 6-11]. Выраженное бактерицидное, антивирусное и антигрибковое действие растворов позволяет практически неограниченно применять их в качестве эффективных дезинфицирующих средств, не оказывающих вредного влияния на окружающую среду из-за отсутствия свободного хлора и других токсических примесей [12].

Гипохлорит натрия, производимый на установке типа «ГПХН» ЗАО «Белстройтехнология» (г. Минск, Республика Беларусь) с бездиафрагменным реактором, и анолит нейтральный, производимый на установке типа «Аквамед» УП «Акваприбор» (г. Гомель, Республика Беларусь) с диафрагменным реактором, можно применять для обеззараживания плавательных бассейнов [9]. Следует подчеркнуть, что отечественные установки на порядок дешевле импортных и имеют некоторые преимущества перед российскими аналогами. Однако, бактерицидная эффективность данных растворов до настоящего времени окончательно не изучена. В связи с этим, целью данной работы было изучение противомикробной активности электролизного гипохлорита натрия и электрохимически активированного анолита нейтрального.

Методы

Для изучения биоцидной активности использовались прозрачные, бесцветные растворы гипохлорита натрия и анолита нейтрального с запахом хлора 2 балла. Водородный показатель (pH, ед.) базового раствора гипохлорита натрия был 8,95, окислительно-восстановительный потенциал (ОВП, мВ) - +871, содержание активного хлора ($C_{ах}$, мг/дм^3) - 8067 и поверхностное натяжение ($\sigma \times 10^{-3}$, Дж/м^2) - 70,1. pH анолита нейтрального для дезинфекции воды был 6,8 ед., ОВП - +958,5 мВ, $\sigma \times 10^{-3}$ - 72,64 Дж/м^2, $C_{ах}$ - 426,28 мг/дм^3. pH анолита нейтрального для дезинфекции поверхностей был 6,83 ед., ОВП - +950 мВ, $\sigma \times 10^{-3}$ - 72,54 Дж/м^2, $C_{ах}$ - 250 мг/дм^3.

Путем разбавления базового раствора гипохлорита натрия водопроводной водой были получены рабочие растворы с $C_{ах}$ = 2500 и 5000 мг/дм^3, анолит нейтральный использовался в исходной концентрации.

Выполнено 5 серий опытов. В первой серии опытов определяли противобактериальную активность гипохлорита натрия с $C_{ах}$ = 2500 мг/дм^{3}и противогрибковую активность этого препарата с $C_{ах}$ = 5000 мг/дм^3, а также анолита нейтрального с $C_{ах}$ = 250 мг/дм^3, в количественном суспензионном методе без белковой нагрузки и с добавлением лошадиной сыворотки (ЛС) в отношении стандартных тест-культур из международной коллекции: Escherichia coli ATCC 11229, Staphylococcus aureus ATCC 6538, Candida albicans ATCC 10231, стандартизованные до 10^9 КОЕ/см^3 [13]. Тест-культуры микробов выращивали в течение 18-24 часов при 37°С на скошенных МПА, тест-культуру кандид - в течение 48 часов при 24°С на скошенной плотной среде Сабуро. По 0,2 мл стандартизированных до 10^9 КОЕ/мл взвеси тест-культур в стерильном физрастворе добавляли к 1,8 мл дезинфектанта с концентрацией 0,25 % для бактерий и 0,5 % для грибов. Для контроля 0,2 мл взвеси тест-культур переносили в пробирку с 1,8 мл стерильной водопроводной воды. Тщательно перемешивали. По истечении 30 и 60 мин по 0,2 мл смеси переносили в пробирку с 1,8 мл нейтрализатора, перемешивали. Через 10 мин из смеси готовили разведения в стерильном физрастворе до 10^{-5} (для контроля до 10^{-6}). По 1 мл цельной смеси из пробирки с раствором нейтрализатора, а также разведений 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5} высевали на чашки с плотной питательной средой Эндо – для кишечной палочки, желточно-солевым агаром – для стафилококка золотистого, Сабуро – для кандиды белой. Для контроля по 0,02 мл разведений 10^{-3}, 10^{-4} 10^{-5}, 10^{-6} для бактерий и разведений 10^{-2},

10^{-3} 10^{-4}, 10^{-5} для грибов высевали на сектора чашек с теми же средами. После инкубации в термостате при 37°С в течение 48-72 часов подсчитывали среднее число живых бактерий в контроле, число выживших бактерий в опыте (КОЕ/мл), определяли десятичные логарифмы и фактор редукции (RF) числа бактерий в опыте по сравнению с контролем. Для установления влияния белковой нагрузки на уровень противомикробной и противогрибковой активности дезинфектантов лошадиную сыворотку до достижении 20% вносили в физраствор, в котором суспензировали тест-культуры бактерий [13-15].

Во второй серии опытов изучали биоцидную активность гипохлорита натрия и анолита нейтрального в качественном и количественном методе, основанном на контаминации резиновых тест-объектов культурами тест-микробов. Для этого кусочки стерильной резиновой трубки Ø 6-7 мм и длиной 10 мм заливали взвесью суточных агаровых тест-культур в физиологическом растворе. Через 5 мин тест-объекты переносили на стерильную фильтровальную бумагу в чашке Петри и оставляли до высыхания. После чего тест-объекты по 8 штук помещали в пустые стерильные флаконы с 0,25% и 0,5% растворами дезинфектантов, перемешивали. По истечении экспозиции (30 и 60 мин) по два тест-объекта переносили в пробирки с раствором нейтрализатора, встряхивали. Через 10 мин тест-объекты переносили в пробирки с мясопептонным бульоном (МПБ) (каждый тест-объект в отдельную пробирку). Для контроля контаминированные тест-объекты заливали стерильной водопроводной водой на 60 мин, по истечении экспозиции переносили в пробирки с раствором нейтрализатора на 10 мин, а затем - в пробирки с МПБ. Посевы инкубировали в термостате при 37°С в течение 48 часов. Затем петлей производили высев на сектора чашек со средами ЖСА, Эндо, Сабуро. Чашки инкубировали в термостате при 37°С в течение 24 часов. Результаты учитывали по наличию или отсутствию роста тест-микробов на чашках в опыте при наличии роста в контроле [13, 14].

В третьей серии опытов определяли противомикробную активность гипохлорита натрия и анолита нейтрального в отношении поверхностей. Для этого квадраты площадью 15х15 см в микробиологической лаборатории ГУ ВОЦГЭ и ОЗ предварительно обрабатывали тест-культурами, стандартизованными до 10^9 КОЕ/см^3, и подсушивали. Для установления влияния белковой нагрузки на уровень противомикробной и противогрибковой активности дезинфектантов лошадиную сыворотку до достижении 20% вносили в физраствор, в котором суспензировали тест-культуры бактерий. Затем загрязненные квадраты методом протирания обрабатывали ГПХН или АН и водой очищенной (контроль). Через 30 мин часть поверхностей обрабатывали повторно. Экспозиция для дезинфектантов составила 30 и 60 мин, для воды очищенной 60 мин. Затем промывали очищенной водой и брали смывы: поверхности тщательно протирали стерильными марлевыми салфетками размером 5 х 5 см, увлажненными стерильным физиологическим раствором. После этого салфетку помещали в стерильную пробирку с 2,0 см³ указанного выше стерильного физиологического раствора, встряхивали, избегая увлажнения пробки. Из смывной жидкости делали посевы по 0,1 см³ на среду Эндо, ЖСА и Сабуро.

Посевы выдерживали в термостате при температуре 24 ºС и 37ºС. Результаты учитывали через 24-48-72 часа [13,16].

В четвертой серии опытов для проверки биоцидной активности гипохлорита натрия и анолита нейтрального в отношении воды колбы с водопроводной водой объемом 1 дм^3 предварительно обрабатывали тест-культурами, стандартизованными до 10^9 КОЕ/см^3, в количестве 0,1 см^3 в микробиологической лаборатории ГУ ВОЦГЭ и ОЗ. Затем загрязненную воду обрабатывали ГПХН и АН. В качестве контроля использовали необработанную дезинфектантами воду. Через 30 мин в обработанных пробах измеряли содержание остаточного хлора. Для бассейнов спортивного вида остаточный свободный хлор должен быть в пределах 0,3 - 0,5 мг/ дм^3, а для бассейнов оздоровительного вида - 0,5 - 0,7 мг/ дм^3 [3]. Обработанную воду исследовали на наличие бактерий и грибов методом мембранных фильтров. В воронку прибора для фильтрования наливали по 300 см^3 исследуемой воды, затем создавали вакуум и пропускали воду через фильтр. Фильтры, не переворачивая, переносили фламбированным пинцетом на питательную среду в чашки Петри, избегая пузырьков воздуха между средой и фильтром. Чашки выдерживали в термостате при температуре 37ºС, результаты учитывали через 24-48 часов по наличию или отсутствию роста колоний на фильтрах [17]. Загрязненную воду исследовали на наличие бактерий и грибов титрационным методом. При исследовании воды с целью количественного определения содержания кишечной палочки производили посев 3-х объемов по 100 см^3, 3-х объемов по 10 см^3 и 3-х объемов по 1 см^3 в концентрированную (посев 100 и 10 см^3 воды) и обычную (посев 1 см^3 воды) лактозо-пептонную среду. Посевы инкубировали в термостате при температуре 37ºС в течение 48 часов. Через 24 и 48 часов из емкостей, где было отмечено наличие роста (помутнение и образование газа), производили высев бактериологической петлей на питательную среду Эндо. Посевы на среде Эндо инкубировали при температуре 37ºС в течение 18-20 часов. При образовании помутнения и газа в среде накопления и росте на среде Эндо колоний, типичных для лактозоположительных бактерий: темно-красных или красных, с металлическим блеском или без него, выпуклых с красным центром и отпечатком на питательной среде, давали положительный ответ на присутствие кишечной палочки в данном объеме пробы. При исследовании воды с целью количественного определения содержания стафилококка золотистого и кандиды белой делали посевы 10, 1 и 0,1 см^3 в 3-х повторностях в стерильную солевую пептонную воду для стафилококка и жидкую среду Сабуро для кандиды. Посевы инкубировали при температуре 37ºС в течение 48 часов и 5 суток соответственно. Высевы из посевов производили на желточно-солевой агар и плотную среду Сабуро, подсчитывали блестящие выпуклые колонии стафилококка белого, палевого, золотистого цвета, окруженные радужкой с перламутровым блеском зоной и беловато-кремовые, блестящие, напоминающие «капли майонеза» колонии грибов [18].

В пятой серии опытов для установления биоцидной активности гипохлорита натрия и анолита нейтрального по отношению к тест-культуре E. coli в условиях практического применения в помещениях бассейна СШ № 31

поверхности стены зала чаши бассейна, свободных от воды стенок ванны, обходных дорожек и поручней залов чаши, душевой перегородки, поддона и коврика в душевой, раковины и унитазов в санузлах и скамеек предварительно обрабатывали тест-культурой, стандартизованной до 10^9 КОЕ/см^3, и подсушивали, брали смывы. Затем данные загрязненные поверхности методом протирания обрабатывали гипохлоритом натрия с C_{ax} = 2500 мг/дм^3 и анолитом нейтральным с C_{ax} = 250 мг/дм^3 в течение 60 мин 2 раза с интервалом 30 мин, также брали смывы по указанной выше методике [13,16].

Результаты и обсуждение

Результаты исследований первой серии опытов показали, что в количественном суспензионном тесте электролизный гипохлорит натрия с C_{ax} = 2500 мг/дм^3 проявил 100 % противобактериальную активность при экспозиции 30 и 60 минут, электролизный гипохлорит натрия с C_{ax} = 5000 мг/дм^3 - противогрибковую активность при тех же экспозициях без белковой нагрузки и с добавлением белка в отношении стандартных тест-культур из международной коллекции: Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Candida albicans. Эффективность обеззараживания (фактор редукции - RF) в отношении E. coli составила 7,15 и 7,38 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 7,2 и 7,4 при экспозиции 60 мин. RF в отношении S. aureus составил 7,4 и 7,56 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 7,41 и 7,57 при экспозиции 60 мин. RF в отношении C. albicans составил 8,08 и 8,18с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 8,15 и 8,28 при экспозиции 60 мин (таблица 1).

Таблица 1

Противомикробная активность гипохлорита натрия в количественном суспензионном тесте без белковой нагрузки и в присутствии белка по отношению к типовым тест-культурам

Тест-культура	Наименование образца	Экспозиция 30 мин			Экспозиция 60 мин		
		КОЕ	lg	RF	КОЕ	lg	RF
E. coli	ГПХН	0	-	7,15	0	-	7,2
	Контроль	$14x10^6$	7,15	-	$16x10^6$	7,2	-
	ГПХН с ЛС	0	-	7,38	0	-	7,4
	Контроль	$24x10^6$	7,38	-	$25x10^6$	7,4	-
S. aureus	ГПХН	0	-	7,4	0	-	7,41
	Контроль	$25x10^6$	7,4	-	$26x10^6$	7,41	-
	ГПХН с ЛС	0	-	7,56	0	-	7,57
	Контроль	$36x10^6$	7,56	-	$37x10^6$	7,57	-
C. albicans	ГПХН	0	-	8,08	0	-	8,15
	Контроль	$12x10^7$	8,08	-	$14x10^7$	8,15	-
	ГПХН с ЛС	0	-	8,18	0	-	8,28
	Контроль	$14x10^7$	8,18	-	$19x10^7$	8,28	-

Примечание: КОЕ – колониеобразующие единицы в 1 см^3, lg - десятичный логарифм.

В количественном суспензионном тесте электрохимически активированный анолит нейтральный с $C_{ах}$ = 250 мг/дм^3 также проявил 100 % противобактериальную и противогрибковую активность при экспозиции 30 и 60 минут без белковой нагрузки и с добавлением белка в отношении тех же стандартных тест-культур. RF в отношении E. coli составил 6,3 и 6,5 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 6,6 и 6,6 при экспозиции 60 мин. RF в отношении S. aureus составил 6,3 и 6,5 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 6,6 и 6,8 при экспозиции 60 мин. RF в отношении C. albicans составил 6,3 и 6,5 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 6,6 и 6,8 при экспозиции 60 мин (таблица 2).

Таблица 2

Противомикробная активность анолита нейтрального в количественном суспензионном тесте без белковой нагрузки и в присутствии белка по отношению к типовым тест-культурам

Тест-культура	Наименование образца	Экспозиция 30 мин			Экспозиция 60 мин		
		КОЕ	lg	RF	КОЕ	lg	RF
E. coli	АН	0	-	6,3	0	-	6,6
	Контроль	$2x10^6$	6,3	-	$4x10^6$	6,6	-
	АН с ЛС	0	-	6,5	0	-	6,6
	Контроль	$3x10^6$	6,5	-	$4x10^6$	6,6	-
S. aureus	АН	0	-	6,3	0	-	6,6
	Контроль	$2x10^6$	6,3	-	$4x10^6$	6,6	-
	АН с ЛС	0	-	6,5	0	-	6,8
	Контроль	$3x10^6$	6,5	-	$6x10^6$	6,8	-
C. albicans	АН	0	-	6,3	0	-	6,6
	Контроль	$2x10^6$	6,3	-	$4x10^6$	6,6	-
	АН с ЛС	0	-	6,5	0	-	6,8
	Контроль	$3x10^6$	6,5	-	$7x10^6$	6,8	-

Примечание: КОЕ – колониеобразующие единицы в 1 см^3, lg - десятичный логарифм.

Результаты исследований второй серии опытов показали, что в качественном методе испытания противомикробной активности на резиновых тест-объектах гипохлорит натрия с $C_{ах}$ = 2500 мг/дм^3 и анолит нейтральный с $C_{ах}$ = 250 мг/дм^3 проявили 100 % противобактериальную активность при экспозиции 30 и 60 минут, гипохлорит натрия с $C_{ах}$ = 5000 мг/дм^3 и анолит нейтральный с $C_{ах}$ = 250 мг/дм^3 - противогрибковую активность при тех же экспозициях без белковой нагрузки и с добавлением белка в отношении исследуемых тест-культур (таблица 3).

Таблица 3

Противомикробная активность гипохлорита натрия и анолита нейтрального в отношении стандартных тест-культур в качественном методе на резиновых тест-объектах без белковой нагрузки и в присутствии белка

Наименование образца	Культуры микроорганизмов					
	E. coli	S. aureus	C. albicans	E. coli	S. aureus	C. albicans
ГПХН	-	-	-	-	-	-
Контроль	+	+	+	+	+	+
ГПХН с ЛС	-	-	-	-	-	-
Контроль	+	+	+	+	+	+
АН	-	-	-	-	-	-
Контроль	+	+	+	+	+	+
АН с ЛС	-	-	-	-	-	-
Контроль	+	+	+	+	+	+
Экспозиция	30 мин			60 мин		

Примечание: «+» - рост тест-культур, «-» - отсутствие роста тест-культур.

В количественном методе на резиновых носителях гипохлорит натрия с C_{ax} = 2500 мг/дм^3 проявил 100 % противобактериальную активность при экспозиции 30 и 60 минут, гипохлорит натрия с C_{ax} = 5000 мг/дм^3 - противогрибковую активность при тех же экспозициях без белковой нагрузки и с добавлением белка в отношении исследуемых тест-культур. RF в отношении E. coli составил 7,26 и 7,28 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 7,3 и 7,34 при экспозиции 60 мин. RF в отношении S. aureus составил 7,43 и 7,54 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 7,45 и 7,59 при экспозиции 60 мин. RF в отношении C. albicans составил 8,18 и 8,2 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 8,26 и 8,3 при экспозиции 60 мин (таблица 4).

Таблица 4

Противомикробная активность гипохлорита натрия в отношении стандартных тест-культур в количественном методе на резиновых тест-объектах без белковой нагрузки и в присутствии белка

Тест-культура	Наименование образца	Экспозиция 30 мин			Экспозиция 60 мин		
		КОЕ	lg	RF	КОЕ	lg	RF
E. coli	ГПХН	0	-	7,26	0	-	7,3
	Контроль	$18x10^6$	7,26	-	$20x10^6$	7,3	-
	ГПХН с ЛС	0	-	7,28	0	-	7,34
	Контроль	$19x10^6$	7,28	-	$22x10^6$	7,34	-

Тест-культура	Наименование образца	Экспозиция 30 мин			Экспозиция 60 мин		
		КОЕ	lg	RF	КОЕ	lg	RF
S. aureus	ГПХН	0	-	7,43	0	-	7,45
	Контроль	$27x10^6$	7,43	-	$28x10^6$	7,45	-
	ГПХН с ЛС	0	-	7,54	0	-	7,59
	Контроль	$35x10^6$	7,54	-	$39x10^6$	7,59	-
C. albicans	ГПХН	0	-	8,18	0	-	8,26
	Контроль	$15x10^7$	8,18	-	$18x10^7$	8,26	-
	ГПХН с ЛС	0	-	8,2	0	-	8,3
	Контроль	$16x10^7$	8,2	-	$20x10^7$	8,3	-

Примечание: КОЕ – колониеобразующие единицы в 1 $см^3$, lg - десятичный логарифм.

Анолит нейтральный с $C_{ах}$ = 250 $мг/дм^3$ также проявил 100 % противобактериальную и противогрибковую активность при экспозиции 30 и 60 минут без белковой нагрузки и с добавлением белка в отношении исследуемых тест-культур. RF в отношении E. coli составил 6,3 и 6,7 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 6,6 и 6,6 при экспозиции 60 мин. RF в отношении S. aureus составил 6,0 и 6,6 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 6,6 и 6,8 при экспозиции 60 мин. RF в отношении C. albicans составил 6,9 и 7,0 с белковой нагрузкой и без нее соответственно при экспозиции 30 мин и 6,8 и 6,8 при экспозиции 60 мин (таблица 5).

Таблица 5

Противомикробная активность анолита нейтрального в отношении стандартных тест-культур в количественном методе на резиновых тест-объектах без белковой нагрузки и в присутствии белка

Тест-культура	Наименование образца	Экспозиция 30 мин			Экспозиция 60 мин		
		КОЕ	lg	RF	КОЕ	lg	RF
E. coli	АН	0	-	6,3	0	-	6,6
	Контроль	$2x10^6$	6,3	-	$4x10^6$	6,6	-
	АН с ЛС	0	-	6,7	0	-	6,6
	Контроль	$5x10^6$	6,7	-	$4x10^6$	6,6	-
S. aureus	АН	0	-	6,0	0	-	6,6
	Контроль	$1x10^6$	6,0	-	$4x10^6$	6,6	-
	АН с ЛС	0	-	6,6	0	-	6,8
	Контроль	$4x10^6$	6,6	-	$6x10^6$	6,8	-
C. albicans	АН	0	-	6,9	0	-	6,8
	Контроль	$9x10^6$	6,9	-	$6x10^6$	6,8	-
	АН с ЛС	0	-	7,0	0	-	6,8
	Контроль	$12x10^6$	7,0	-	$7x10^6$	6,8	-

Примечание: КОЕ – колониеобразующие единицы в 1 $см^3$, lg - десятичный логарифм.

В результате исследований третьей серии опытов показана 100% биоцидная активность гипохлорита натрия и анолита нейтрального на поверхностях, загрязненных E. coli, S. aureus, C. albicans, без белковой нагрузки и в присутствии белка при экспозиции 30 и 60 мин (таблица 6).

Таблица 6

Биоцидная активность гипохлорита натрия и анолита нейтрального на поверхностях, загрязненных E. coli, S. aureus, C. albicans, без белковой нагрузки и в присутствии белка

Раствор	Экспозиция	Показатель	Результаты испытаний
ГПХН	30 мин.	E. coli, S. aureus, C. albicans	Не обнаружено
ГПХН с ЛС	30 мин.	E. coli, S. aureus, C. albicans	Не обнаружено
ГПХН	60 мин.	E. coli, S. aureus, C. albicans	Не обнаружено
ГПХН с ЛС	60 мин.	E. coli, S. aureus, C. albicans	Не обнаружено
Вода очищенная	60 мин.	E. coli, E. coli + ЛС	2100 ± 552 КОЕ/см^3
Вода очищенная	60 мин.	S. aureus, S. aureus + ЛС	1375 ± 165 КОЕ/см^3
Вода очищенная	60 мин.	C. albicans, C. albicans + ЛС	1183 ± 82 КОЕ/см^3
АН	30 мин.	E. coli, S. aureus, C. albicans	Не обнаружено
АН с ЛС	30 мин.	E. coli, S. aureus, C. albicans	Не обнаружено
АН	60 мин.	E. coli, S. aureus, C. albicans	Не обнаружено
АН с ЛС	60 мин.	E. coli, S. aureus, C. albicans	Не обнаружено
Вода очищенная	60 мин.	E. coli, E. coli + ЛС	3000 ± 456 КОЕ/см^3
Вода очищенная	60 мин.	S. aureus, S. aureus + ЛС	1925 ± 149 КОЕ/см^3
Вода очищенная	60 мин.	C. albicans, C. albicans + ЛС	2025 ± 206 КОЕ/см^3

Результаты исследований четвертой серии опытов показали высокую биоцидную эффективность дезинфицирующих растворов гипохлорита натрия и анолита нейтрального в воде по отношению к тест-культурам E. coli, S. aureus и C. albicans (таблица 7).

Таблица 7

Биоцидная активность гипохлорита натрия и анолита нейтрального в воде, загрязненной E. coli, S. aureus, C. albicans

Раствор	Показатель	Результаты испытаний
ГПХН	E. coli	Не обнаружено
АН	E. coli	Не обнаружено
Контроль	E. coli	НВЧ в 100 $см^3$> 240 КОЕ
ГПХН	S. aureus	Не обнаружено
АН	S. aureus	Не обнаружено
Контроль	S. aureus	> 24000 КОЕ/$дм^3$
ГПХН	C. albicans	Не обнаружено
АН	C. albicans	Не обнаружено
Контроль	C. albicans	> 24000 КОЕ/$дм^3$

По данным таблицы 7 видно, что гипохлорит натрия и анолит нейтральный полностью подавляют рост E. coli и S. aureus и значительно снижают количество колоний C. albicans в обработанной воде при экспозиции 30 мин.

При этом содержание остаточного хлора в воде, загрязненной тест-культурами и обработанной гипохлоритом натрия и анолитом нейтральным, соответствует требованиями СанПиН [3]. В частности, при добавлении в воду 0,25 $см^3$ гипохлорита натрия, что эквивалентно 2 мг/$дм^3$ активного хлора, содержание общего остаточного хлора составило 1,37 ± 0,03 мг/$дм^3$, свободного остаточного хлора - 0,58 ± 0,01 мг/$дм^3$, связанного остаточного хлора - 0,79 ± 0,02 мг/$дм^3$, хлорпоглощаемость воды была 0,63 ± 0,03 мг/$дм^3$. При добавлении в воду 3,5 $см^3$ анолита нейтрального, что эквивалентно 1,5 мг/$дм^3$ активного хлора, содержание общего остаточного хлора составило 1,2 ± 0,03 мг/$дм^3$, свободного остаточного хлора - 0,62 ± 0,02 мг/$дм^3$, связанного остаточного хлора - 0,58 ± 0,01 мг/$дм^3$, хлорпоглощаемость воды была 0,3 ± 0,03 мг/$дм^3$.

Результаты исследований пятой серии опытов показали, что в смывах с загрязненных поверхностей стены зала чаши бассейна, свободных от воды стенок ванны, обходных дорожек и поручней залов чаши, душевой перегородки, поддона и коврика в душевой, раковины и унитазов в санузлах и скамеек была обнаружена E. coli в количестве 10^3 - 10^4 КОЕ/$см^3$. В смывах после обработки дезрастворами E. coli не была обнаружена ни в одной из проб.

Высокая биоцидная активность гипохлорита натрия и анолита нейтрального подтверждается исследованиями ряда как зарубежных, так и отечественных авторов [1,2,6-12].

Заключение

Электролизные водно-солевые растворы гипохлорита натрия и электрохимически активированные водно-солевые растворы анолита нейтрального, получаемые на отечественных установках типа «ГПХН» и типа «Аквамед», обладают физико-химическими свойствами и биоцидной активностью, отвечающими предъявляемым требованиям к дезинфицирующим

средствам, что позволяет рекомендовать их для практического применения в плавательных бассейнах. Эффективность обеззараживания (фактор редукции) - снижение количества тест-микробов в количественном тесте для гипохлорита натрия и анолита нейтрального составила > 5lg, что соответствует требованиям СанПиН 21-112-99 «Нормативные показатели безопасности и эффективности дезинфекционных средств» [15]. Дезинфицирующие растворы гипохлорита натрия и анолита нейтрального, вырабатываемые на данных отечественных установках, зарегистрированы Министерством здравоохранения Республики Беларусь и утверждены инструкции по их применению [19,20].

Из всего вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Эффективность обеззараживания в количественном суспензионном методе и в методе с использованием резиновых тест-объектов гипохлорита натрия и анолита нейтрального при экспозиции 30 и 60 минут с белковой нагрузкой и без нее соответствует требованиям СанПиН 21-112-99 «Нормативные показатели безопасности и эффективности дезинфекционных средств» с RF > 5lg.

2. В качественном методе испытания противомикробной и противогрибковой активности дезинфектантов с использованием резиновых тест-объектов гипохлорит натрия в рабочей концентрации 0,25% и 0,5% и анолит нейтральный в рабочей концентрации 0,025% вызывают полную гибель типовых тест-культур E. coli, S. aureus и C. albicans в течение 30 и 60 минут с белковой нагрузкой и без нее.

3. Гипохлорит натрия с содержанием активного хлора 2500 мг/дм^3 и анолит нейтральный с содержанием активного хлора 250 мг/дм^3 обладают высокой биоцидной активностью в отношении бактерий, полностью подавляя рост E. coli и S. aureus на обработанных поверхностях при экспозиции 30 и 60 мин с белковой нагрузкой и без нее.

4. Гипохлорит натрия с содержанием активного хлора 5000 мг/дм^3 и анолит нейтральный с содержанием активного хлора 250 мг/дм^3 обладают высокой биоцидной активностью в отношении грибов, полностью подавляя рост C. albicans на обработанных поверхностях при экспозиции 30 и 60 мин с белковой нагрузкой и без нее.

5. Гипохлорит натрия с pH 8,95 ед., окислительно-восстановительным потенциалом +871 мВ, содержанием активного хлора 8067 мг/дм^3 и анолит нейтральный с pH 6,8 ед., окислительно-восстановительным потенциалом +959 мВ, содержанием активного хлора 426 мг/дм^3 при добавлении в воду обладают высокой биоцидной активностью в отношении бактерий и грибов, полностью подавляя рост E. coli и S. aureus и значительно снижая количество колоний C. albicans в обработанной воде при экспозиции 30 мин.

Литература

1.Юркевич, А. Б. Антимикробные свойства электрохимически активированного анолита нейтрального / А. Б. Юркевич // Вестник фармации. – 2003. – №3. – С. 36-40.

2. Антимикробные свойства электрохимически активированных растворов анолитов / Н. И. Миклис [и др.] // Здоровье и окружающая среда: сб.

науч. тр./ МЗ РБ, Респ. науч.-практ. центр гигиены; редкол.: С. М. Соколов [и др.]. – Минск: изд-во «Друк-С», 2007. – Вып. 9. – С. 461 – 471.

3. Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды плавательных бассейнов: СанПиН 2.1.2.10-39-2002: утв. Постановлением глав. гос. сан врача РБ 31.12.02. – Минск: ГУ “РЦГЭ и ОЗ” МЗ РБ, 2003. – 11 с.

4. Guidelines for safe recreational water environments.: Swimming pools and similar environments / World Health Organization. – Vol. 2. – Geneva, 2006. – 139 p.

5. Theus, Peter-Martin. Schwimmbadhygiene: Ein Leitfaden fur Hygieneingenieure, Hygieneinspektoren und Schwimmeister / P.-M. Theus, K. Gunkel, R. Scharf. – Berlin: Volk und Gesundheit, 1983. – 212 S.

6. Глушанко, В. С. Биоцидная активность современных экологически чистых дезинфицирующих и антисептических средств / В. С. Глушанко, И. И. Бурак // Вестник фармации. – 2004. – №3. – С. 19-24.

7. Юркевич, А. Б. Биоцидная активность анолита нейтрального, полученного на установке «Аквамед» / А. Б. Юркевич // Иммунопатология, аллергология, инфектология. – 2003. – №4. – С. 79-84.

8. Оценка антимикробной активности электрохимически активированного раствора поваренной соли, полученного на установке типа «БАВР» / А. А. Адарченко [и др.] // Здравоохранение. – 1998. – №3. – С. 38-39.

9. К вопросу биологического действия электрохимически активированных растворов / В. В. Торопков [и др.] // Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности: тезисы докладов и краткие сообщения Первого междунар. симпозиум, Москва, 1997 г. / Всеросс. науч.-иссл. и испыт. ин-т мед. техники; редкол.: В. М. Бахир [и др.]. – Москва, 1997. – С. 52-53.

10. Лебедев, С. М. Об использовании в дезинфекции электролитического гипохлорита натрия / С. М. Лебедев, В. Н. Строганов, В. И. Дорошевич // Избранные вопросы военной медицины: сборник научных и научно-практических работ профессорско-преподавательского состава военно-медицинского факультета и врачей 432-го Главного военного клинического госпиталя / Минск. гос. мед. ин-т; под общ. ред. С. Г. Гусева. – Минск, 2000. – С. 155-156.

11. Применение электролитического гипохлорита натрия в дезинфекционной практике / С. М. Лебедев [и др.] // Медицинские новости. – 1999. – №10. – С. 34-35.

12. Метод непрямой электрохимической детоксикации организма с использованием гипохлорита натрия в практической медицине: методические рекомендации: утв. Перв. зам. мин-ра охр. здор. РБ 24.01.2000, №123-9911 – Минск: Министерство здравоохранения РБ, 2000. – 26 с.

13. Методы испытания противомикробной активности дезинфицирующих средств: временные методические указания, № 4718 от 24.12.98 г. – Минск. – 6 с.

14. Красильников, А. П. Справочник по антисептике / А. П. Красильников. – Минск: Выш. Шк., 1995. – 267 с.

15. Нормативные показатели безопасности и эффективности дезинфекционных средств: СанПиН 21-112-99: утв. Глав. гос. сан врачом РБ 06.01.1999 г. – Минск: ГУ “РЦГЭ и ОЗ” МЗ РБ, 1999. – 12 с.

16. Рекомендации по ускоренным методам индикации бактерий группы кишечной палочки при санитарно-бактериологического исследования смывов: утв. нач. Глав. сан.-эпид. управ. Мин. Здравоохр. БССР 29.12.1980. – Минск: Министерство здравоохранения БССР, 1980. – 7 с.

17. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды: методические указания РБ №11-10-1-2002: утв. глав. гос. сан врачом РБ 25.02.02. – Минск: ГУ “РЦГЭ и ОЗ” МЗ РБ, 2004. – 208 с.

18. Методические указания №2285-81 по санитарно-микробиологическому анализу воды поверхностных водоемов: утв. Нач. глав. сан-эпид. упр. МЗ СССР 19.01.1981. – Москва: Министерство здравоохранения СССР, 1981. – 34 с.

19. Инструкция по применению гипохлорита натрия, полученного на установках типа «ГПХН» для дезинфекции плавательных бассейнов: утв. МЗ РБ 06.02.2007, №154. – Минск: ГУ “РЦГЭ и ОЗ”, 2007. – 6 с.

20. Инструкция по применению анолита нейтрального, полученного на установках типа «АКВАМЕД» для дезинфекции плавательных бассейнов: утв. МЗ РБ 08.11.2004, №5763. – Минск: ГУ “РЦГЭ и ОЗ”, 2004. – 5 с.