

Полигексаметиленгуанидин гидрохлорид **ДЛЯ ОЧИСТКИ** И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ как альтернатива реагентам-окислителям

Часть 1

Посвящается памяти П. А. Гембицкого

Описаны свойства полигексаметиленгуанидин гидрохлорида (ПГМГхл) – полимерного биоцидного препарата широкого спектра действия, который используется в качестве действующего вещества в составе многих современных дезинфекционных средств (более 60).

Показана принципиальная возможность использования ПГМГхл в качестве биоцидного флокулянта для эффективного и безопасного обеззараживания питьевой воды. Описан положительный опыт украинских специалистов по использованию ПГМГхл в качестве реагента неокислительного действия для обеззараживания воды централизованного водоснабжения.

Согласно требованиям Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) и здравого смысла питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом отношении, безвредна по химическому составу и должна обладать благоприятными органолептическими свойствами. Мероприятия, рекомендуемые ВОЗ для обеспечения требуемого качества питьевой воды, подразумевают, в частности, уменьшение количества химических реагентов, добавляемых в воду с целью ее очистки от химических и биологических загрязнителей [1].

Однако опасность заболевания населения от микробиологических загрязнений природной воды гораздо больше, чем при загрязнении питьевой воды химическими соединениями различной природы, поэтому с позиций профилактики эпидемических ситуаций самой главной стадией подготовки воды является ее обеззараживание [2, 3]. Но таких реагентов, которые бы эффективно обеззара-

живали воду и не загрязняли ее продуктами химического взаимодействия с содержащимися в воде примесями, чрезвычайно мало: традиционно используемые в водоподготовке реагенты-окислители (хлор, озон, гипохлорит, диоксид хлора) активно взаимодействуют с растворенными в воде органическими веществами с образованием еще более токсичных веществ [4-8].

Серьезной альтернативой реагентам окислительного действия можно считать полигуанидины [9, 10], поскольку эти высокомолекулярные вещества сочетают свойства биоцида и флокулянта и при этом не только не инициируют образование в воде токсичных побочных продуктов дезинфекции, но удаляют из воды некоторые вредные химические вещества, в том числе соли тяжелых металлов, не коррозионноактивны, не требуют особых мер предосторожности при применении, транспортировке и хранении.

В настоящее время в России и в Украине накоплен большой положительный опыт по использованию полигуанидинов в процессах водоподготовки, рассмотрению которого посвящен данный обзор.

Реагенты-окислители в водоподготовке. С начала XX века во всем мире в системах централизованного водоснабжения воду традиционно хлорируют; например, в США на крупных водопроводах 98,6 % питьевой воды подвергается хлорированию; озонирование составляет 0,37 %, остальные методы –

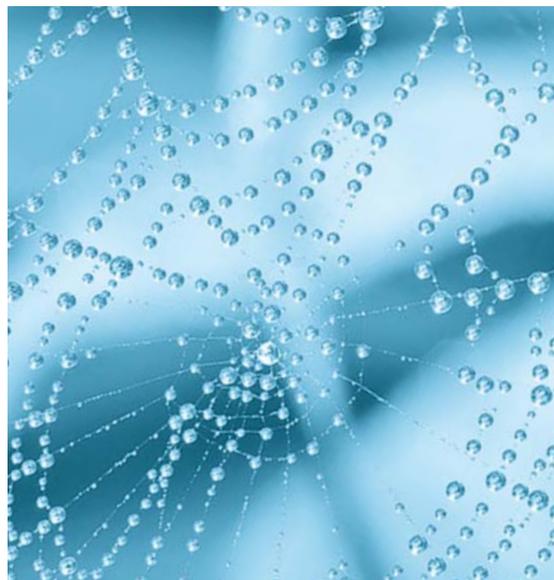
И.И. Воинцева*,
доктор
химических наук,
ООО «Эвима-М»

* Адрес для корреспонденции: voin-irina@yandex.ru

0,75% [3, 11]. Благодаря эффективности и способности консервировать очищенную воду хлор получил широкое распространение в технологиях водоподготовки: хлорирование позволяет снизить цветность и мутность воды, устранить запах и привкус. Следует отметить, что хлор не всесилен, т.к. споры, вирусы, цисты простейших и яйца гельминтов обладают высокой резистентностью к действию хлора.

Хлорирование – наиболее изученный, эффективный и экономичный метод обеззараживания питьевой воды в сравнении с любыми другими известными методами. Соблюдение технологического регламента применения хлора обеспечивает микробиологическую безопасность воды в каждой точке распределительной сети в любой момент времени благодаря эффекту последствия. Все остальные методы обеззараживания воды, в том числе озонирование и ультрафиолет, не обеспечивают обеззараживающего последствия и, следовательно, требуют хлорирования на одной из стадий водоподготовки [12, 13].

Одним из серьезных недостатков хлорирования воды является образование побочных продуктов – галогенсодержащих соединений, значительную часть которых составляют тригалогидметаны: хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан и бромформ, предельно допустимые концентрации которых установлены в различных странах в пределах от 0,001 до 0,2 мг/л. Если же необходимую дозу хлора вводят в воду не сразу, а поэтапно в 2-3 приема, то на первом этапе хлорирования вследствие недостатка окислителя образуются нелетучие хлорорганические соединения, еще более токсичные, чем тригалогидметаны (значения ПДК $\sim 10^{-10}$ – 10^{-14} мг/л) [1, 13, 14].



Ключевые слова:

полигексаметилен-
гуанидин
гидрохлорид,
питьевая вода,
альтернативный
метод
обеззараживания
воды

Образование токсичных соединений обусловлено взаимодействием хлора с растворенными в воде органическими веществами природного происхождения (гуминовые и фульвиновые кислоты, танины, белковые вещества, хлор- и фосфорсодержащие пестициды, нефтепродукты, продукты метаболизма фито- и зоопланктона, иные органические примеси). Количество образующихся в воде хлорорганических соединений пропорционально уровню загрязнения источников питьевого водоснабжения органическими веществами и дозам хлора, которые используются при хлорировании воды. Всего из воды было выделено и идентифицировано 235 хлорорганических соединений, многие из которых обладают канцерогенными, тератогенными и мутагенными свойствами, эмбриотоксическим, гонадотоксическим действием, понижают иммунитет, вызывают аллергические реакции, могут вызывать бесплодие, нарушение обмена веществ и деятельности эндокринной системы, инициировать развитие раковых заболеваний, наследственные изменения, вплоть до врожденных уродств [13-17].

В качестве альтернативы хлорированию питьевой воды обсуждается возможность ее озонирования [14, 18, 19]. Как обеззараживающий реагент озон в 15-20 раз активнее хлора, эффективен по отношению к хлоррезистентным бактериям, гарантирует высокий уровень обеззараживания воды. Однако озон токсичнее хлора, коррозионноактивен, не обладает пролонгированным действием и не предотвращает биообрастание в системах водораспределения. Озонирование природных вод с высоким содержанием органических примесей приводит к образованию продуктов их окисления (альдегидов, кетонов, галогенсодержащих органических кислот, бромформа, ацетоуксусных кислот и др.), которые относятся к сильным гепато-, гено-, и нейротоксинам, канцерогенам и мутагенам прямого действия. В результате указанных недостатков, а также из-за высокой энергоемкости процесса и высокой стоимости оборудования озонирование воды не нашло широкого применения даже в экономически развитых странах.

Таким образом, применение реагентов-окислителей в технологиях очистки природных вод, изначально направленное на обеспечение эпидемической безопасности воды и снижение инфекционной заболеваемости населения, может привести к ухудшению показателей качества воды по токсикологическим параметрам, содействуя формированию у населения неинфекционной заболеваемости. Поэтому чрезвычайно актуальной

задачей является разработка новых технологий очистки и обеззараживания воды с использованием реагентов с широким спектром и пролонгированностью биоцидного действия, мало опасных для человека и окружающей среды, не образующих в воде токсичных продуктов.



Наиболее перспективными реагентами неокислительного действия для обеззараживания воды, отвечающими необходимым требованиям, могут служить полигуанидины, главным представителем которых является полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМГхл).

Синтез, строение и свойства ПГМГхл.

ПГМГхл впервые был синтезирован Bolton и Coffman в США в 1943 г. [20], но, по-видимому, из-за высокой токсичности исходных веществ и сложности синтеза в США эта работа не получила дальнейшего развития; в качестве биоцидов в США и Европе используются, в основном, бигуаниды и другие низкомолекулярные гуанидинсодержащие соединения.

В конце 60-х годов прошлого века в Институте нефтехимического синтеза РАН П.А. Гембицкий был разработан и внедрен в производство простой, дешевый и экологически безопасный способ получения ПГМГхл высокотемпературной поликонденсацией гексаметилендиамина с гуанидингидрохлоридом, в результате которого получается либо разветвленный, растворимый в воде полимер с молекулярной массой (ММ) от 1000 до 150000 у.е. либо сшитый продукт [21-24].

Уже первые исследования показали, что по своему биоцидному действию ПГМГхл эффективнее хлорамина в 2 раза, фенола – в 5 раз. Водные растворы полимера с концентрацией 0,05-0,10 % в течение 5-10 мин вызывают гибель коринебактерий дифтерии, золотистого стафилококка, шигелл Зонтага и Флекснера, сальмонелл Гартнера и Бреслау, ботулинических бактерий, вульгарного протей, брюшнотифозной, чудесной, кишечной и синегнойной палочки. Биоцидные свойства ПГМГхл усиливаются при повышении температуры до 40-50 °С и с увеличением рН среды от 3 до 10-11; мало изменяются в присутствии белковой нагрузки [25, 26].

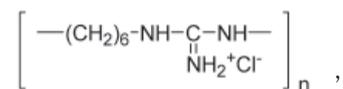
Работы Гембицкого по синтезу ПГМГхл и его производных открыли новое направление в дезинфекционной практике. В России полигуанидины нашли широкое применение в качестве действующего вещества в составе многочисленных дезинфицирующих средств и полифункциональных добавок в различные технологические процессы и компози-

ционные материалы – в сельском хозяйстве, медицине, пищевой промышленности, в производстве текстильных материалов, бумаги, лаков и красок, резины, при обработке древесины, кожи и меха, в библиотечном деле, реставрации и строительстве, гальваническом производстве [27]; в Украине – для очистки и обеззараживания воды [28].

В настоящее время ПГМГхл выпускается разными товаропроизводителями под торговыми марками ПОЛИСЕПТ®, БИОПАГ®, БИОР-1®, АКВАТОН-10®. Товарный продукт представляет собой твердую субстанцию с молекулярной массой (ММ)~10000 или более удобный для использования 25-30 % водный раствор.

Отличительной особенностью полигуанидинов является сочетание высокой биоцидной активности в отношении микроорганизмов (бактерий, вирусов, грибов) с низкой токсичностью для человека и животных. Такое сочетание свойств обусловлено его макромолекулярной природой и химическим строением повторяющегося звена макромолекулы.

В работах [29, 30] развиты представления, согласно которым макромолекула полигуанидина представляет собой хорошо сбалансированную систему, в которой гуанидиновая группировка несет большой положительный заряд и обеспечивает биоцидные свойства полимера; гексаметиленовая цепочка регулирует гидрофильно-гидрофобный баланс молекулы и совместно с анионом контролирует его токсичность:



где n=30-90.

Механизм биоцидного действия полигуанидинов подобен четвертичным аммониевым соединениям (ЧАС) и носит мембранотоксический характер: гуанидиновые поликатионы адсорбируются на отрицательно заряженной поверхности бактериальной клетки; диффундируют через стенку клетки; связываются с кислотными фосфолипидами, белками цитоплазматической мембраны, что приводит к ее разрыву. В результате происходит блокада гликолитических ферментов дыхательной системы, потеря патогенных свойств и гибель микробной клетки.

В работе [31] нарушение контура мембраны и деструктивные изменения микробной клетки под влиянием ПГМГхл наблюдали экспериментально с помощью электронной микроскопии при изучении воздействия сублетальных доз реагента на суспензии бактерий и спор некоторых особо опасных инфекций.

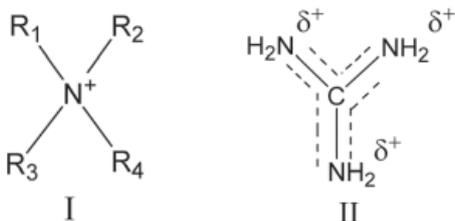
Таблица 1

Минимальная бактериостатическая концентрация (МБСК), мкг/мл

Вид микроорганизма	ПГМГхл	Хлор-гексидин	СЕПТАБИК
Staphylococcus aureus	0,6	2,0	0,7
Pseudomonas aeruginosa	9,7	25,0	23,0
Serratia marcescens	12,1	15,0	-
Proteus vulgaris	1,2	15,0	90,0
Klebsiella pneumoniae	0,2	6,2	11,0
Escherichia coli	0,3	10,5	-
Candida geotrichum	9,8	15,0	-
Salmonella thymum	18,0	40,0	6,0

В табл. 1 показано, что эффективность ПГМГхл в отношении различных микроорганизмов выше (МБСК ниже), чем у его низкомолекулярного аналога (хлоргексидина) и ЧАС (СЕПТАБИКА).

Повышение биоцидной активности ПГМГхл по сравнению с низкомолекулярными биоцидами обусловлено кооперативным (многоточечным) взаимодействием соседствующих по цепи гуанидиновых группировок поликатиона с микробной клеткой. Повышение активности полигуанидинов по сравнению с ЧАС обусловлено еще и особенностями строения гуанидиновой группировки: в отличие от катиона ЧАС, где большой положительный заряд локализован на одном атоме азота (I), в катионе гуанидиния положительный заряд делокализован и распределен между тремя атомами азота (II), а также дополнительно делокализован по системе σ -связей углеводородного (гексаметиленового) радикала. Делокализация положительного заряда смягчает действие биоцида и снижает его токсичность.



Макромолекулярная природа реагента обуславливает внутримолекулярное взаимодействие отдаленных по цепи фрагментов макромолекулы, конформационные превращения полимерных цепей, изменение комплементарности поликатиона и белковых макромолекул бактериальной клетки, что способствует дальнейшей делокализации положительного заряда и снижению токсичности соединения.

ПГМГхл – твердое вещество светлого цвета (гранулы или брикеты) без запаха; не растворим в органических растворителях, гигроскопичен, хорошо растворяется в воде (до 50 % при 60 °С); термически устойчив – температура размягчения 150-160 °С, температура начала потери массы при нагревании на воздухе > 300 °С, температура вспышки ~400 °С.

Благодаря наличию большого положительного заряда полимер обладает свойствами катионного полиэлектролита, флокулянта и поверхностно-активного вещества, а также весьма реакционноспособен и легко вступает в различные химические реакции, приводящие к получению композиционных материалов с биоцидными свойствами, которые могут быть использованы, в частности, для обеззараживания питьевой воды [27].

Биоцидное действие и токсичность ПГМГхл.

Экспериментальные исследования показали, что ПГМГхл обладает широким спектром биоцидного действия – в равной степени действуют на анаэробную и аэробную микрофлору, в небольших концентрациях уничтожают вегетативные формы грамположительных и грамотрицательных бактерий; липофильные вирусы; патогенную грибковую микрофлору; губительно действуют на возбудителей венерических заболеваний человека (гонококк и трихомонада); вызывают гибель типовых штаммов энтеробактерий, стафилококков, эффективен в отношении вирусов полиомиелита, герпеса, СПИДа, гепатита А и В, гриппа, ротавируса [32-34].

ПГМГхл обладает фунгицидными свойствами и эффективен в отношении плесневых и дрожжеподобных грибов и дерматофитов, поражающих продукты питания, сельхозпродукты, древесину, бумагу, документы на пленочных носителях и др. [35, 36].

Изучение токсических свойств с оценкой общетоксических, специфических и отдаленных эффектов [32, 37], показало, что по острой токсичности при введении в желудок в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 ПГМГхл относится к III классу умеренно опасных соединений: среднесмертельная доза (LD₅₀) для крыс составляет 815±85 мг/кг, для морских свинок – 986 мг/кг. В работе [35] показано, что значение LD₅₀ для ПГМГхл может быть повышено до 2500 мг/кг очисткой полимера от низкомолекулярных примесей переосаждением из 25 %-ного раствора NaCl; одновременно повышается его биоцидная активность.

При нанесении ПГМГхл на кожу, в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76, ПГМГхл относит-

ся к IV классу малоопасных соединений ($LD_{50} = 8900 \pm 259$ мг/кг). Полимер не растворим в жирах, но хорошо растворяется в воде и может всасываться через неповрежденные кожные покровы; при этом пути поступления в организм установлено наличие кумулятивного эффекта ($K_{\text{кум}} = 2,65$). Однако в силу низкой величины коэффициента распределения масло/вода и большой ММ транскутантная резорбция ПГМГхл происходит в первые 5-30 мин контакта; высыхая, препарат образует на коже полимерную пленку, которая препятствует его дальнейшей резорбции через кожу.

Порог хронического действия для ПГМГхл при нанесении на кожу составляет 50 мг/кг; эмбриотоксическое, мутагенное и канцерогенное действие не обнаружено. В работе [38] было обнаружено слабое сенсибилизирующее действие ПГМГхл.

По результатам проведенных исследований обоснованы следующие гигиенические нормативы для ПГМГхл в объектах окружающей среды: ПДК в воздухе рабочей зоны – 2 мг/м³ (ГН 2.2.5.1314-03); ОБУВ в атмосферном воздухе населенных мест – 0,03 мг/м³ (ГН 2.1.6.1339-03); ПДУ на кожных покровах человека – 0,01 мг/см².

В 1992 г. на кафедре коммунальной гигиены Московской медицинской академии им. И.М.Сеченова [39] была проведена санитарно-гигиеническая оценка ПГМГхл, которая позволила экспериментально обосновать ПДК препарата в питьевой воде и в воде водоемов хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения.

Согласно гигиеническому сертификату [40] «ПГМГ- стабильное в водной среде соединение, не придает посторонних запахов, привкуса и окраски в концентрациях, имеющих практическое значение; улучшает качество воды по мутности, цветности, на 30-40 % уменьшает содержание остаточного алюминия; при контакте не менее 1 ч. обеспечивает обеззараживание воды. Оптимальная доза для обработки воды – 1,5 мг/л». Комиссия по санитарному нормированию МЗ России утвердила ПДК в питьевой воде – 1,0 мг/л (III класс опасности, лимитирующий признак вредности – общесанитарный) и сделала заключение о том, что ПГМГ не вызывает отдаленных эффектов в концентрациях, превышающих ПДК в 10 раз.

В опытах по изучению влияния ПГМГхл на санитарный режим водоемов были испытаны концентрации от 1,5 до 15 мг/л; пороговая концентрация определена на уровне 5 мг/л. В условиях санитарно-токсикологического эксперимента (острый, подострый и хронические опыты) было установлено, что

ПГМГхл является умеренно токсичным и мало кумулятивным соединением: LD_{50} для белых крыс и морских свинок составляли, соответственно, 760 и 900 мг/кг, коэффициент кумуляции при введении в желудок 5,0.

В подострых и хронических опытах на теплокровных животных при введении в желудок доз 1/10-1/5000 от LD_{50} проводились динамические наблюдения с использованием 25 тестов, что позволило изучить возможное неблагоприятное действие вещества на организм по общетоксическим и специфическим показателям. В результате исследований установлено, что пороговая доза вещества составляет 1 мг/кг, а недействующая доза – 0,15 мг/кг. В качестве ОБУВ для ПГМГхл в воде принята доза 3 мг/л по санитарно-токсикологическому признаку вредности.

Полученные результаты были положены в основу гигиенического нормирования ПГМГхл в воде [41, 42]: ПДК_в в воде водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования – 0,1 мг/л (по общесанитарному признаку вредности); ПДК_{р.х.} в воде рыбохозяйственных водоемов – 0,01 мг/л (по санитарно-токсикологическому признаку вредности). Такие же нормативы установлены для ПГМГхл в Украине [43].

Во второй части обзора будут рассмотрены работы украинских ученых по изучению и использованию ПГМГхл в качестве основного реагента для очистки и обеззараживания воды централизованного водоснабжения.

Литература

1. Guidelines for Drinking-Water Quality / Third Edition Incorporating the 1-st and 2-nd Addenda. Vol.1. Recommendations. WHO: Geneva, Switzerland. 2008. 668 p.
2. Tardiff R.G. Balancing Risks from Chemical Carcinogens at Waterborne Infectious Micro-



bes: A Conceptual Framework./ EPA Advisory Committee to Negotiate the Disinfection By-products Rule. Report. – USEPA, 1993.

3. Water in a Changing World / The United Nations World Water Development. Report 3 (WWDR 3). Paris: UNESCO, 2009. 350 p

4. Стрикаленко Т.В. К анализу проблемы внедрения новых технологий обеззараживания воды // Водопостачання та водовідведення, 2009. № 1. С. 35-42

5. Михайловский Н.Я. Токсикологическая характеристика качества воды, формирующегося при ее обработке на водопроводных сооружениях // Профилактическая токсикология, 1984. Т. 2, Ч. 2. С. 47-55

6. Safety of Water Disinfection: Balancing Chemical & Microbial Risks./ Ed. By Gunther F.Craun. Washington: ILSI Press. 1993. 690 p.

7. Алешин В.М. Достоинства и недостатки промышленных методов обеззараживания воды / В.М. Алешин, С.В. Волков, Ф.Я. Гильбух // Водоснабжение и санитарная техника, 1996. № 12. С. 2-7

8. Авчинников А.В. Гигиеническая оценка современных способов обеззараживания питьевой воды (обзор) // Гигиена и санитария, 2001. № 1. С. 11-18

9. Мариевский В.Ф. Новые технологии водоподготовки с позиций концепции ВОЗ «управления рисками» / В.Ф. Мариевский, А.М. Сердюк // Вода и водоочистные технологии, 2006. № 3 (19). С. 23-29

10. Мариевский В.Ф. Повышение эпидемической и химической безопасности воды как задача выбора новых реагентов для дезинфекции / В.Ф. Мариевский, И.И. Даниленко, А.И. Баранова // Профилактична медицина, 2009. № 3 (7). С. 53-62

11. Survey of Water Disinfection Practices // Report AWWA Water Quality Disinfection Committee, J. AWWA. 2002. № 9

12. Слипченко А.В. Современное состояние методов окисления пресной воды и перспективы хлорирования / А.В. Слипченко, Л.А. Кульский, Е.С. Мацкевич // Химия и технология воды, 1990. Т. 12, № 4. С. 326-350

13. Мазаев В.Т. Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения / В.Т. Мазаев, А.П. Ильницкий, Т.Г. Шлепина. М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. 320 с.

14. White's Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants // Fifth Ed. / ILSI: Black & Veatch Corp., 2010. 1062 p.

15. Славинская Г.В. Влияние хлорирования на качество питьевой воды // Химия и технология воды, 1991. Т. 13, № 11. С. 1013-1022

16. Чернышева Н.Н. Гуминовые вещества природных вод – возможный источник токсических веществ при водоочистке / Н.Н.



Чернышева, Л.Д. Свинцова Т.М. Гиндулина // Химия и технология воды, 1995. Т. 17, № 6. С. 601-608

17. Монтиель А. Дезинфекция воды хлором / ВОЗ, Европейское региональное бюро, 1995. 21 с.

18. Бо Д. Практика озонирования в обработке питьевых вод / Д. Бо, Г.Н. Герасимов // Водоснабжение и санитарная техника, 2000. № 1. С. 26-29

19. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. 4-е изд., перераб. и дополн. Киев: Наукова думка, 1983. 528 с.

20. Bolton E.K. Polymeric guanidines and process for preparing the same / Bolton E. K., Coffman D.D // US 2,325,586, 1943

21. Гембицкий П.А. О синтезе поли(алкиленгуанидинов) и поли(алкиленбигуанидинов) / П.А. Гембицкий, Я.И. Корявов, Н.М. Ерусалимский, В.Е. Лиманов, Д.С. Жук // ЖПХ. 1975. Т. 48. № 8. С. 1833-1836

22. Гембицкий П.А., Синтез метацида / П.А. Гембицкий, Л.Ф. Бокша, Г.Ф. Болденков, С.И. Мурмыло, Д.С. Жук // Химическая промышленность. 1984. № 2. С. 82-84

23. Сафонов Г.А. Способ получения дезинфицирующего средства / Г.А. Сафонов, П.А. Гембицкий, О.Ю. Кузнецов, В.Г. Клюев, Т.А. Калинина, А.В. Родионов // Авт. св. СССР 1616898. 1990

24. Базарон Л.У. Молекулярно-массовые характеристики ПГМГхл / Базарон Л.У., Стельмах С.А. // ЖПХ. 2008. Т. 81. № 11. С. 1906-1910

25. Жук Д.С. Бактерицидное средство / Жук Д.С., Гембицкий П.А., Скворцова Е.К., Лиманов В.Е., Нехорошева А.Г., Волкова А.П // Авт. св. СССР 247463. 1969

26. Скворцова К.Е. Бактерицидные свойства производных гуанидина / Скворцова К.Е., Нехорошева А.Г., Гембицкий П.А. // В сб. ВНИИДис «Проблемы дезинфекции и стерилизации» М.: ВНИИДис. 1975. Вып. 24. С. 58-60

27. Воинцева И.И. Полигуанидины – дезинфекционные средства и полифункциональные добавки в композиционные материалы / Воинцева И.И., Гембицкий П.А. М.: ЛКМ-пресс. 2009. 303 с

28. Сборники научных статей: «Акватон-10» (реагент комплексного действия) в водоподготовке». Вып. 1. Киев. НТЦ «Укрводбезпека». 2004. 80 с.; Вып. 2. Киев. НТЦ «Укрводбезпека». 2005. 64 с.; «Реагенты комплексного действия на основе гуанидиновых полимеров» Вып.3. Киев. НТЦ «Укрводбезпека». 2006. 80 с.

29. Баркова Н.П. Закономерности биологического действия и квантово-механические

- характеристики перспективных антисептических препаратов как основа новых принципов их отбора // Автореф. Дис. д-ра. мед. наук., Иркутск, Сиб. Отд. РАМН. 1997. 41 с.
30. Баркова Н.П. Квантово-механические характеристики и токсичность гуанидинсодержащих антисептиков / Баркова Н.П., Богачук Г.П // Гигиена и санитария. 1995. № 4. С. 38-40
31. Герасимов В.Н. Микробиологические, биофизические и биохимические исследования механизма действия дезинфектанта «метацид» на бактерии / Герасимов В.Н., Лущиков С.Б., Бабич И.В., Гаевская Г.В. // Дезинфекционное дело. 1998. № 2. С. 19-24
32. Баркова Н.П. // Результаты исследований перспективных солей ПГМГ с целью внедрения в народное хозяйство// Ангарск: Сиб. Отд. РАМН. 1992г, 142с.
33. Лопырев В.А., Антоник Л.М., Воронков М.Г., Коган А.С., Ушаков Р.В., Фадеев Т.В., Карнаухов А.Т., Соколов Б.Н., Белых О.Н., Баркова Н.П., Царев В.Н., Шамеев А.Ю., Юревич В.П., Гембицкий П.А., Топчиев Д.А. // Применение солей ПГМГ в качестве препаратов, обладающих антимикробной активностью по отношению к анаэробной и смешанной инфекции// Пат. 2143905 РФ, 1997
34. Пантелеева Л.Г.// Вирулицидная активность катионных ПАВ и дезинфицирующих средств на их основе // Дезинфекционное дело. 2006. №1. С.34-36
35. Гембицкий П.А., Снежко А.Г., Кузнецова Л.С., Пантюшенко В.Т., Пустовалов И.В., Колбасов В.П.// Сп. получения дезинфицирующего средства// Пат.212 2866 РФ. 1998
36. Максименко Н.А., Сахарова С.Н., Гембицкий П.А., Топчиев Д.А. // Средство для защиты древесины// Авт.св. СССР 1698061. 1991.
37. Баркова Н.П.// Токсикологические исследования перспективных солей ПГМГ// Гигиена и санитария. 1989. №2. С.14-15
38. Г.Н.Заева, М.М.Мальцева, Г.П. Панкратова, Р.П. Родионова, О.И. Березовский// О токсичности и опасности ПГМГхл в воздухе рабочей зоны// В Сб.статей «Экологически безопасные полимерные биоциды» Вып.1, ИЭТП, М., 2000. с.44-52
39. Кондрашов С.А.// Гигиеническая оценка нового полимерного флокулянта ПГМГ // Гигиена и санитария. 1992. №3. С. 11-13,
40. Гигиенический сертификат для очистки питьевой воды централизованного водоснабжения № 1В-11/897 от 29.07.1994г
41. Кротов Ю.А., Карелин А.О., Лойт А.О.// Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. С.-П., «Мир и семья». 2000. С. 239
42. Гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» ГН 2.1.5.1315-03 от 27.04. 2003 г.
43. Гигиеническое заключение государственной санитарно-эпидемиологической экспертизы на «Реагент комплексного действия «Акватон-10» (действующее вещество ПГМГхл) в соответствии с ТУ 24.1.25274537-005-2003 и изменения №1 к нему № 5.03.02.-0455336 от 06.11.2007 г.



I.I. Vointseva

POLYHEXAMETHYLENEGUANIDINE HYDROCHLORIDE AS REAGENT-OXIDIZERS ALTERNATIVE FOR WATER PURIFICATION AND DISINFECTION. Part 1

Polyhexamethyleneguanidine hydrochloride properties have been characterized. This polymeric biocidal substance with broad spectrum of operation is currently used in many disinfectant agents (more than 60). Possibility of using

polyhexamethyleneguanidine hydrochloride as biocidal flocculant for effective and safe water disinfection has been shown. Positive experience of the Ukrainian coworkers on polyhexamethyleneguanidine hydrochloride usage as nonoxidizing

reagent for water disinfection has been declared.

Key words: polyhexamethyleneguanidine hydrochloride, drinking water, alternative approach to water disinfection