

# Полигексаметиленгуанидин гидрохлорид **ДЛЯ ОЧИСТКИ** И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

как альтернатива реагентам-окислителям

Часть 2 (Продолжение. Начало в №7/2011)

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.**

#### 4. Опыт использования ПГМГхл в системе централизованного водоснабжения

Перспектива использования полигуанидинов в качестве биоцида и флокулянта для очистки и обеззараживания воды была показана еще в ранних работах Гембицкого, Кузнецова и Данилиной [44, 45].

Уже более 15 лет научно-исследовательские и практические работы по использованию полигуанидинов в качестве реагентов комплексного неокислительного действия в технологиях водоподготовки проводятся в Киеве (ООО «Укрводбезпека») [46, 47].

С использованием полигуанидинов разработано несколько препаратов, первым из которых был «Гембар», его действующим веществом является фосфат ПГМГ – наиболее эффективная и наименее токсичная соль ПГМГ. Испытания препарата, проведенные в 1997 г. в лаборатории Деснянской водопроводной станции (г. Киев), показали, что «Гембар» выполняет одновременно функцию

флокулянта и биоцида и может обеспечить высокую степень физико-химической очистки и обеззараживания воды при ее подготовке для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Обработанная «Гембаром» вода соответствует требованиям, предъявляемым к питьевой воде. При этом препарат не является окислителем и не образует в воде вторичных продуктов, обладающих мутагенными и канцерогенными свойствами [48].

Однако дальнейшие исследования, проведенные в лаборатории микробиологии Украинского научного гигиенического центра, показали, что наличие фосфатных групп в полигуанидине вызывает стимуляцию некоторых видов микроорганизмов и накопление в воде минерального фосфора – одного из биогенных элементов. Возможное отрицательное влияние на биологические процессы самоочищения водоемов привело к необходимости ограничить использование фосфата ПГМГ в процессах водоподготовки и сконцентрировать внимание на использовании ПГМГхл, который идентифицирован для применения в водоподготовке Директивой 98/8/ЕС [49] и Регуляторными актами Комиссии Европейского союза (№ 2003R2032 ЕС, № 2005R1048 ЕС, 2007R1451 ЕС).

Для целей водоподготовки специалистами НТЦ «Укрводбезпека» разработан, детально изучен и выпущен препарат «АКВАТОН-10» (в дальнейшем АКВАТОН), действующим веществом которого является ПГМГхл [28].

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

\* Адрес для корреспонденции: [voin-irina@yandex.ru](mailto:voin-irina@yandex.ru)

Препарат АКВАТОН представляет собой 30 % раствор ПГМГхл в воде. ПГМГхл получают по специально разработанной технологии, обеспечивающей низкое содержание остаточных мономеров [50]. Разработана и утверждена научно-техническая документация, необходимая для использования ПГМГхл в качестве реагента для водоподготовки [43, 51].

Препарат АКВАТОН имеет важные для водоподготовки свойства: высокий обеззараживающий потенциал с широким спектром пролонгированного биоцидного действия в диапазоне температур воды от 0 до 30 °С при рН 6-9; высокую флокулирующую способность; низкую токсичность (малотоксичное соединение IV класса опасности по ГОСТ 12.1.007); способность к образованию труднорастворимых соединений с органическими и минеральными коллоидно-дисперсными веществами.

Препарат хорошо растворим в воде; растворы не имеют цвета и запаха, не вызывают сенсibilизацию организма, не оказывают раздражающего воздействия на кожу и слизистые оболочки, не установлены кумуляция, мутагенный, канцерогенный, гонадотоксический или тератогенный эффекты.

АКВАТОН совместим с другими реагентами; применим в существующих технологических схемах водоподготовки без существенной реконструкции очистных сооружений. В водной среде АКВАТОН эффективно подавляет условно-патогенные и патогенные грамположительные и грамотрицательные микроорганизмы, холерные вибрионы, а также грибы и

#### Таблица 2

Чувствительность микроорганизмов к препарату АКВАТОН (исходная концентрация бактерий  $10^8$  КОЕ/мл, вирусов  $10^9$  БОЕ/мл, экспозиция 1 ч)

Вид микроорганизмов	Минимальная концентрация ПГМГхл, мкг/мл
Gram-positive microorganisms	0,8–1,7
Gram-negative microorganisms	1,2–1,3
Actinomycetes	3,5–3,7
Aspergillus	3,1–4,3
Spore-forming bacillus	2,6–3,5
Corinebacterium	2,7–3,3
Candida	1,8–2,3
<b>Тип вирусов</b>	
A/Panama/2007/99(H3N2)	1,2-1,3
A/New Caledonia/20/99(H1N1)	1,5-1,7
B/Sichuan/379/99	1,6–1,9
V. Herpes type 1,2	1,8-2,1
V. HIV/AIDS	1,9-2,2
V. Poliomyelitis type 2	3,0

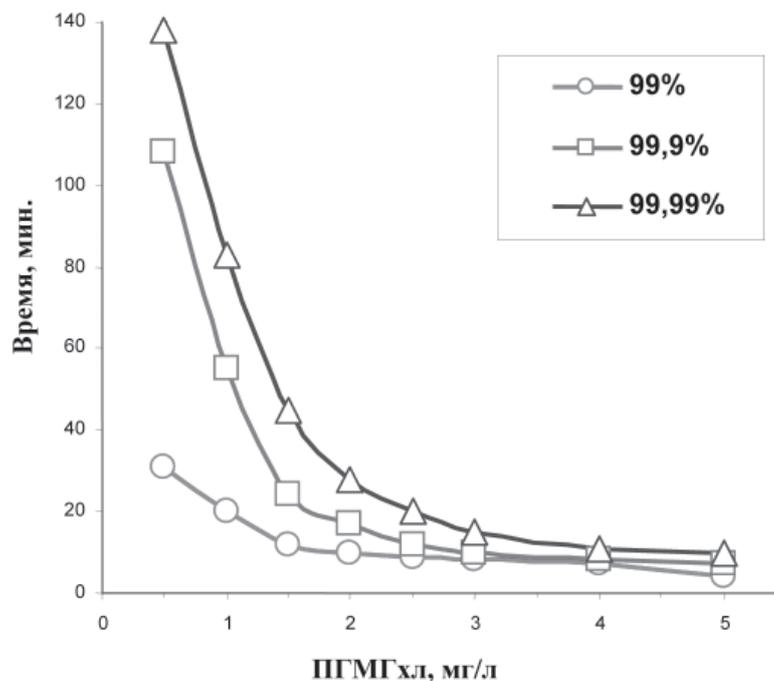


Рис. 3. Дозо-временные зависимости для препарата АКВАТОН в воде с высокой степенью бактериальной контаминации при разных целевых степенях обеззараживания.

вирусы (модель энтеровирусов полиомиелита 2 типа Сэбина, Коксаки В) [52-55].

Исследования показали (табл. 2), что для полного уничтожения патогенной и условно-патогенной микрофлоры в воде требуется доза ПГМГхл от 1 до 3 мг/л [56, 57].

Эффективность обеззараживания воды зависит не только от дозы реагента, но и от времени его контакта с зараженной средой. На рис. 3 показано, что 99,99 %-ная степень инактивации бактерий *E.coli* ( $\sim 10^9$  КОЕ/мл) может быть достигнута за 30 мин при дозе ПГМГхл 3,0 мг/л; при уменьшении этой дозы до 1,5 мг/л такая же степень инактивации достигается за 60 мин.

В отличие от хлора ПГМГхл обладает альгицидными свойствами – в замкнутых системах водоподготовки поддержание концентрации ПГМГхл на уровне 0,2-0,9 мг/л обеззараживает воду и предотвращает биообрастание оборудования (для полного уничтожения существующих в системе биообрастаний требуется доза  $1-2 \cdot 10^4$  мг/л) [58]. На эффективность очистки природной воды органическими веществами влияет сезонное состояние природных водоемов – паводки весной; летняя биопродуктивность водоемов; понижение температуры в осенне-зимний период, когда все биопродукты начинают умирать, а образующиеся при этом коллоидные системы плохо расслаиваются. При традиционной технологии обеззараживания воды хлором очистить воду от коллоидных примесей, устранить ее мутность и

цветность удаётся только при совместном использовании биоцида, коагулянта и флокулянта.

Одно из преимуществ ПГМГхл как реагента водоподготовки заключается в том, что полимер совмещает биоцидные и флокулирующие свойства, причем является одним из лучших катионных флокулянтов [56]. При его использовании можно отказаться от постороннего флокулянта, а дозу коагулянта можно уменьшить в 2-4 раза; в некоторых случаях можно обойтись без коагулянта и использовать только ПГМГхл.

Возможность комплексной очистки воды с использованием только препарата АКВАТОН без коагулянта показана в модельном опыте, проведенном на воде г. Луганска, дополнительно контаминированной клетками *E.coli* (1 мл взвеси *E.coli* 25922 АТСС с конц.  $10^9$  кл/3 л воды) [9].

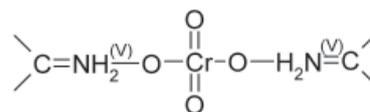
Как видно из *табл. 3*, использование одного препарата АКВАТОН позволило полностью извлечь из воды железо, соединения, обеспечивающие цветность и мутность, значительно уменьшить жесткость воды; большую микробную нагрузку исходной воды, санитарно-микробиологические показатели ее после очистки отвечали нормативным требованиям. Снижение дозы коагулянта или полный отказ от него позволяет повысить химическую безвредность очищенной воды за счет уменьшения содержания в ней остаточного алюминия, являющегося серьезным нейротоксикантом.

Повысить химическую безвредность воды удаётся еще и за счет того, что ПГМГхл обладает высокой реакционной способностью и связывает присутствующие в воде органические и неорганические вещества, в том числе катионы тяжелых металлов. Так например, в работах [59-61] спектральными методами установлено, что хромат-ион взаимодействует с ионогенной группой  $>C=NH_2^+Cl^-$  гуанидиновой группировки с образованием нерастворимой соли хромовой кислоты

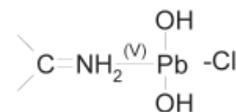
### Таблица 3

Химические и санитарно-микробиологические показатели воды до и после ее обработки препаратом АКВАТОН (экспозиция 30 мин).

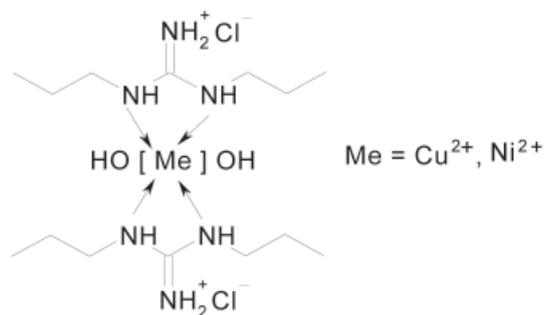
Показатели	Исходная вода	Очищенная вода	ГОСТ 2874-82
Цветность, градусы	11	< 5	≤ 20
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	< 0,2	≤ 1,5
Железо, мг/дм <sup>3</sup>	0,45	< 0,02	≤ 0,3
Жесткость, мг-экв./дм <sup>3</sup>	10	6,5	≤ 7
ОМЧ, КОЕ/см <sup>3</sup>	167	6	≤ 100
Индекс БГКП, КОЕ/дм <sup>3</sup>	240	< 3	≤ 3



Ассоциация ионов свинца с ПГМГхл ведет к образованию нерастворимой гидроксо соли



Ионы  $\text{Cu}_2^+$  и  $\text{Ni}_2^+$  взаимодействуют с  $>\text{NH}$ -группами гуанидиновой группировки с образованием растворимых комплексных соединений типа хелатов



Способность ПГМГхл связывать ионы металлов особенно важна при очистке сточных вод промышленных предприятий.

В 2000 г. сотрудниками НТЦ «Укрводбезопаска» была разработана и смонтирована на Деснянской водопроводной станции (г. Киев) пилотная проточная установка, включающая емкость для подачи и регулирования природной воды, трехкамерный смеситель для подачи реагента и коагулянта, камеру для образования хлопьев, отстойник, фильтр и отвод в водопроводную систему. На установке были отработаны режимы бесхлорной технологии очистки воды в различное время года с использованием препарата АКВАТОН. В процессе работы пилотной установки в течение более года на ее оборудовании не было обнаружено следов слизи, биообрастания, химической коррозии.

Опытно-промышленные испытания препарата АКВАТОН были проведены на водочистой станции «Дежки» производительностью 2300 м<sup>3</sup>/сут (г. Мироновка, Киевской обл.) и на заводе очистки воды Densu (г. Аккра, Гана) [57].

Испытания АКВАТОНА на станции «Дежки» с высокой бактериальной загрязненностью речной воды не потребовали какой-либо существенной модернизации оборудования, подготовка аппаратной части состояла в установке двух насосов-дозаторов и двух резервуаров емкостью по 1 м<sup>3</sup> для подачи рабочих растворов реагента. Показатели качества обработанной АКВАТОНОМ воды соответствовали требо-

**Таблица 4**

Показатели качества воды при проведении натуральных испытаний с использованием реагента АКВАТОН на станции водоподготовки «Дежки»

Показатели	Вода из реки (исходная)	Вода, очищенная АКВАТОНОМ	Вода, очищенная хлором	ГОСТ 2874-82
Цветность, градусы	60	24	32	≤20
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	9	0,9	0,7	≤1,5
ОМЧ, КОЕ/см <sup>3</sup>	403	32	0	≤100
Коли-индекс	98	<3	<3	≤3

**Таблица 5**

Показатели качества воды при проведении натуральных испытаний с использованием реагента АКВАТОН и коагулянта на заводе Densu

Показатели	Вода из реки (исходная)	Очищенная вода		ГОСТ 2874-82
		АКВАТОН + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Хлор + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	
Цветность, градусы	192	10	50	≤20
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	6,8	1,5	1,7	≤1,5
Коли-индекс	>10 <sup>6</sup>	<3	290	≤3

ваниям нормативных документов (табл. 4), улучшились также органолептические свойства воды (запах, привкус). В отличие от этого при обеззараживании воды хлором цветность воды систематически превышала нормативные значения, а в воде присутствовали побочные продукты хлорирования.

При проведении испытаний на заводе Densu, в связи с чрезвычайно высоким микробным загрязнением и цветностью исходной речной воды, потребовалось совместное использование ПГМГхл (1,5 мг/л) и сульфата алюминия (60 мг/л), доза которого была снижена против нормы практически в 2 раза. В аналогичных условиях хлорирование воды не давало положительных результатов (табл. 5).

Натурные испытания препарата АКВАТОН были проведены в г. Комсомольск, Житомир, Винниц, Запорожье и др. Положительные свойства реагента были продемонстрированы на более чем 90 комплексах-станциях подготовки дополнительно очищенной воды в г. Одесса, Днепропетровск, Николаев, Харьков; на предприятиях по обработке и розливу питьевых вод в г. Киев, Харьков, Львов, Миргород, Ужгород.

Опыт, полученный при проведении пилотных и опытно-промышленных испытаний, показал, что эффективность очистки и обеззараживания воды с использованием препарата АКВАТОН регулируется дозами ПГМГхл и коагулянта, порядком введения реагентов, скоростью их смешения с водой, равномерностью распределения в воде, условиями формирования хлопьев в камерах реакции др.

По результатам испытаний были составлены и утверждены в установленном порядке «Методические рекомендации по применению средства «АКВАТОН-10» для обеззараживания объектов водоподготовки и воды при централизованном, автономном и децентрализованном водоснабжении» [51], согласно которым при низких температурах рекомендуется вводить 1,5-2,0 мг/л ПГМГхл с одновременным использованием коагулянта в дозе 10-40 мг/л (вместо обычных 80-120 мг/л). Для обеззараживания высоко загрязненных вод дозу ПГМГхл рекомендуется увеличить до 1,5-3,0 мг/л с одновременным использованием коагулянта, причем дозу коагулянта можно уменьшить в 2-4 раза по сравнению с традиционной технологией.

При цветности речной воды 26-35 градусов (платиновой шкалы) и окисляемости менее 9 мгО/л для обеззараживания воды достаточно ввести 1,5-2,5 мг/л ПГМГхл без коагулянта. При цветности воды 36-45 градусов и окисляемости более 9 мгО/л дозу ПГМГхл без коагулянта необходимо увеличить до 2,5-3,5 мг/л; при дополнительном использовании коагулянта в дозах 10-15 мг/л доза ПГМГхл может быть уменьшена до 1,5-3,0 мг/л.

Проведенные испытания показали преимущества технологии подготовки воды централизованного водоснабжения с использованием препарата АКВАТОН: повышение качества питьевой воды; уменьшение расхода коагулянта на 50-100 % (в зависимости от качества воды источника водоснабжения); исключение из технологического процесса флокулянтов, а иногда и коагулянтов; уменьшение объема алюминий содержащего осадка, образующегося в процессе водоочистки; увеличение срока фильтроцикла; уменьшение расхода очищенной воды для технологических нужд.

Очень важно, что при использовании препарата АКВАТОН на объектах водоподготовки при централизованном водоснабжении нет необходимости в существенной реконструкции очистных сооружений – для приготовления и дозирования растворов реагента могут быть задействованы существующие емкости и оборудование, предназначенные для введения флокулянтов и других реагентов.

Для определения остаточной концентрации ПГМГхл в очищенной воде была разработана и сертифицирована лабораторная методика с нижним пределом чувствительности 0,5 мг/л, а также экспресс-методика для быстрого определения содержания ПГМГхл в воде непосредственно на месте отбора проб, для которой НТЦ «Укрводбезпека» выпускает специальный набор «АКВАТОН-ТЕСТ» [62-64].

Анализы воды показали, что концентрация ПГМГхл в очищенной воде не превышает ПДК для питьевой воды (~1,0 мг/л) при исходной концентрации добавленного в воду реагента 1,5-2,5 мг/л: часть добавленного в воду ПГМГхл реагирует с содержащимися в воде примесями и в процессе коагуляции переходит в донную фазу.

#### *Экологический аспект использования ПГМГхл*

Традиционная технология водоподготовки включает обеззараживание воды хлором или его соединениями, а затем коагуляцию примесей с применением коагулянтов и флокулянтов. Однако хлор – это, прежде всего, серьезный токсикант с резким удушающим запахом и высокой коррозионной активностью. Применение, транспортировка и хранение значительных количеств жидкого хлора в черте города, сброс газообразного хлора в окружающую среду, коррозия приборов и оборудования на водопроводных станциях представляет высокую экологическую опасность для окружающей среды.

В отличие от хлора ПГМГхл – твердое, пожаро- и взрывобезопасное, стабильное вещество; в герметичной таре может храниться до 15 лет без потери растворимости, биоцидной активности и химических свойств. Препарат АКВАТОН стабилен при

транспортировке и хранении, не вызывает коррозию водопроводных труб и оборудования, предотвращает образование слизи и биообрастание.

Новая технология с использованием ПГМГхл позволяет отказаться от хранения запасов хлора в черте города и его сброса в окружающую среду, улучшить условия труда персонала на станции водоподготовки, отказаться от сброса высокотоксичных хлорорганических соединений в природные водоемы. Хлор и другие реагенты-окислители, обеззараживая воду, делают ее еще более вредной по химическому составу, чем исходная вода за счет взаимодействия с растворенными в воде примесями, которые практически не удаляются из воды на последующих стадиях водоподготовки и определяют, в частности, мутагенные свойства воды. При мутагенезе появляются новые формы неизвестных патогенных штаммов микроорганизмов, действие которых на организм человека, животных и растений предвидеть невозможно.

В отличие от этого ПГМГхл не индуцирует мутагенез и формирование резистентности микрофлоры воды (показано на примере 20 видов микроорганизмов) [65-67]. Определение суммарной мутагенной активности воды в модельном тесте Эймса выявили существенное снижение уровня мутагенного эффекта в воде, обработанной ПГМГхл, по сравнению с хлорированной водопроводной водой из поверхностного водосточника.

Продукты химического взаимодействия ПГМГхл с присутствующими в воде примесями представляют собой высокомолекулярные, трудно растворимые соединения, быстро оседающие на дно в процессе коагуляции. Как правило, продукты химической модифи-



кации ПГМГхл не токсичны и сохраняют присущие ему биоцидные свойства [27].

Использование реагентов-окислителей требует обязательного применения в процессе водоподготовки коагулянтов (солей алюминия). При этом большой проблемой является устранение и утилизация алюминий содержащего осадка, который образуется на фильтрах очистных сооружений и к тому же имеет стойкий неприятный запах гниющей органики, препятствующий его утилизации. При использовании ПГМГхл сокращение в 2-4 раза дозы коагулянта или полный отказ от него резко уменьшает содержание в воде остаточного алюминия, а также количество алюминий содержащего осадка на фильтрах. Образующийся осадок имеет более плотную структуру и не имеет неприятного запаха, поскольку ПГМГхл подавляет все процессы гниения и брожения.

При сбросе городских сточных вод в естественные водоемы сточная вода, содержащая ~1 мг/л ПГМГхл, разбавляется природной водой, и концентрация ПГМГхл в водоеме не превышает ~0,1 мг/л (ПДК). При такой концентрации ПГМГхл не токсичен для всех тест-организмов [68]. При необходимости снижение концентрации ПГМГхл может быть достигнуто фильтрованием сточной воды через гравийно-песчаные фильтры или в биологических прудах [69].

ПГМГхл – химически стойкое вещество, не окисляется кислородом воздуха, благодаря чему обладает пролонгированным биоцидным действием. Химическая деструкция полимерной цепи на отдельные фрагменты происходит только при кипячении в щелочных или кислых средах; при этих условиях продуктами химической деструкции являются аммиак, углекислота и солянокислый гексаметилендиамин (ГМДА) [70].

В то же время ПГМГхл является биоразлагаемым веществом: в живом организме имеются ферментные системы, способные вызывать его биохимическое разложение, предотвращающее кумуляцию реагента. Первой стадией метаболизма ПГМГхл в живом организме является замена аниона хлора на менее токсичный анион глюкуроновой кислоты, которая образуется в организме при окислении глюкозы. В дальнейшем протекает гидролиз гуанидиновых группировок и деструкция полимерной цепи с образованием мочевины, аммиака и углекислоты. В работе [71] установлено, что на дне природных водоемов также происходит биохимическое разложение ПГМГхл – под воздействием бактерий «активного ила» полимер разлагается на аммиак, углекислый газ, молекулярный азот и закись азота, кото-



рые безвредны для ценозов природных водных объектов.

Биохимическому разложению подвержен также ГМДА, который в небольших концентрациях может присутствовать в качестве примеси к полимеру. В работах [72-74] установлено, что сточные воды, содержащие ГМДА, очищаются от него микроорганизмами и ферментными препаратами – ГМДА практически нацело разрушается аминоксидазой микроорганизма *Bacillus subtilis* 21/3 (присутствует в донных отложениях водоемов) с образованием аммиака и пероксида водорода.

## Заключение

Сочетание биоцидных, флокулирующих и комплексообразующих свойств с низкой токсичностью, удобной физической формой, экологической безопасностью, доступностью и относительно низкой себестоимостью делает ПГМГхл весьма перспективным реагентом для водоподготовки, хорошей альтернативой реагентам-окислителям. При любой степени загрязнения воды использование ПГМГхл обеспечивает нормативное качество воды не только по параметрам эпидемической безопасности, но и по химическим показателям, а саму технологию водоподготовки делает экологически безопасной.

Конечно, трудно изменить сознание людей, привыкших уже более 100 лет пить хлорированную воду, и обратить их внимание на преимущества новой бесхлорной технологии водоподготовки. Хочется надеяться на перспективу постепенного внедрения этой технологии, как надеялся на это П.А. Гембицкий – талантливый и очень трудолюбивый ученый, скромный и простой человек.



### Литература

44. Авт. св. СССР 1430359 Способ очистки воды / Гембицкий П.А., Пальгунов П.П., Г.Н. Нелецкая, О.Ю. Кузнецов, Г.П. Варюшина, Н.М. Козлова, М.В. Богданов // 1988.
45. Данилина Н.И.. Технологические процессы улучшения качества воды биоцидными полиэлектролитами на основе полиалкиленгуанидинов / Н.И. Данилина, П.А. Гембицкий, О.Ю. Кузнецов // В сб. Водоснабжение и канализация. 1992. М.: С. 22-40
46. Пат. України № 32613. Спосіб очистки води / Мариевский В.Ф., Баранова Г.І., Фалендыш Н.Ф., Нижник Ю.В. // 2001
47. Баранова А.И., Мариевский В.Ф., Нижник Ю.В. // Сп. обеззараживания воды и композиция для реализации способа // Пат. Украины 75335. 2006
48. Матяш В.И. Отчет о применении дезинфицирующих средств «Гембар» и «Акватон» в экстремальных условиях работы мобильного госпиталя Министерства чрезвычайных ситуаций в Индии. // Вестник Ассоциации дезинфекционистов Украины. 2002. № 2.
49. Directive 98/8/EC of the European Parliament and of the Council of the 16 February 1998 concerning the placing of biocidal products on the market. // Official J. of the European Communities. 24.4.1998. L 123/1-L 123/63
50. Нижник Ю.В., Баранова А.І., Мариевский В.Ф., Федорова Л.Н., Надтока О.Н., Нижник Т.Ю. // Сп. получения полигуанидинов // Патент Украины 79720. 2007.
51. Методические рекомендации по применению средства «АКВАТОН-10» для обеззараживания объектов водоподготовки и воды при централизованном, автономном и децентрализованном водоснабжении. № 16-2010 от 26.02.2010. К: МЗ Украины, 2010. 31 с 52. Мариевский В.Ф. Вода как фактор риска вирусных инфекций / В.Ф. Мариевский, С.И. Доан // Вода і водоочисні технології . 2007. № 2 (22). С. 50-52.
53. Нижник Т.Ю. Эффективность обеззараживания и очистки воды биоцидными полимерными реагентами / Т.Ю. Нижник, В.Ф. Мариевский, А.И. Баранова // Вісник Одеської Державної Академії будівництва та архітектури. 2005. № 19. С. 53-58
54. Нижник Ю.В. Повышение качества воды при замене хлорсодержащих реагентов в некоторых технологических схемах водоподготовки / Ю.В. Нижник, Т.Ю. Нижник, А.И. Баранова // Сб. докл. конф. Междун. водной ассоциации (IWA) «Водоподготовка и очистка сточных вод населенных мест в XXI веке: Технологии, Проектные решения, Эксплуатация станций» Москва. 2010. [электронный ресурс] М.: ЗАО «Фирма СИБИКО Интернешнл», 2010
55. Марієвський В.Ф. Оцінка знезаражувачої дії розчинів реагенту «АКВАТОН-10» щодо мікрофлори у воді та на поверхностях / В.Ф. Марієвський, А.Г. Пащенко, Н.М. Рубан // // Вода в харчовій промисловості: Зб. науково-практичної конф. Одеса: ОНАХТ. 2010. С. 78-79
56. Нижник Т.Ю. К анализу результатов применения реагента неокислительного действия «Акватон» на предприятиях водоподготовки / Т.Ю. Нижник, Ю.В. Нижник, Т.В. Стрикаленко // Водопостачання та водовідведення. 2009. № 3. С. 41-46.
57. Нижник Т.Ю. О применении полимерного реагента неокислительного действия для обработки сточных вод и создания системы оборотного водоснабжения на предприятии // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. 2010. № 2 (2). С. 53-58
58. Кузнецов О.Ю., Гембицкий П.А., Кетлерова Е.Г., Данилина Н.И. // Сп. биоцидной обработки воды оборотных систем // Авт. св. СССР 1773876. 1992
59. Нижник В.В. Ассоциация ионов металлов с водорастворимым ПГМГхл / В.В. Нижник, Т.Ю. Нижник // Вопросы химии и хим. технологии. 2006, № 6. С. 120-124.
60. Нижник Т.Ю. Выяснение механизма взаимодействия ионов некоторых переходных металлов с ПГМГхл в водной среде // Тез. докл. V Конф. «Сучасні проблеми хімії». Київ: 2004. С. 113.
61. Повякель Л.И. К вопросу использования полимерных гуанидиновых соединений для снижения загрязнения водной среды тяжелыми металлами / Л.И. Повякель, А.И. Баранова, В.Ф. Мариевский, Н.Ф. Фалендыш, Ю.В. Нижник, В.Е. Кривенчук // 36 конф. «Нові технології та обладнання по переробці промислових відходів і їх медико-екологічне забезпечення». Київ: 2001. С. 94-96.

62. Пашенко А.В. Определение остаточных концентраций ПГМГхл в воде // Науковий вісник будівництва. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. 2002. № 19. С. 107-109.
63. Маглиевская Т.В. Тест-метод определения концентрации ПГМГ / Т.В. Маглиевская, В.В. Зайвый // 36 конф «Вода в харчовій промисловості» Одесса: ОНАХТ. 2010. С. 126-127
64. Трохимчук А.К., Магльована Т.В., Баранова Г.И., Нижник Т.Ю.// Сп. определения концентрации ПГМГ в воде и набор для этого способа//Пат. Украины 83673.2008
65. Мариевский В.Ф. Методические и эколого-гигиенические аспекты анализа безопасности воды при использовании некоторых реагентов для ее обеззараживания / В.Ф. Мариевский, А.И. Баранова, Ю.В. Нижник, Т.В. Стрикаленко, Т.Ю. Нижник, Т.В. Маглеванная // Вода: химия и экология, 2011, №4.С.56-65.
66. Баранова Г.И. Порівняльні дослідження щодо формування резистентності (стійкості) мікроорганізмів при використанні дезінфектантів на об'єктах водопідготовки / Г.И. Баранова, В.Ф. Марієвський, Ю.В. Нижник // VII міжнар. водний форум «Aqua Ukraine-2009». Київ. 2009. К.: МВЦ, 2009. С. 201-202.
67. Мариевский В.Ф. Повышение химической безвредности питьевой воды / В.Ф. Мариевский, Т.В. Стрикаленко, Ю.В. Нижник, А.И. Баранова, Т.Ю. Нижник // Міжнар. конгрес «ЕТЕВК-2009» : зб. доп. – К.: ТОВ «Гнозіс». 2009. С 93-96.
68. Мариевский В.Ф. Бицидные полимеры в обеспечении экологической безопасности воды / В.Ф. Мариевский, Т.В. Стрикаленко, А.И. Баранова, Ю.В. Нижник, И.К. Хаецкий // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Сб. науч. Тр. XIII междунар. конференции. Харьков-Алушта: УкрВОДГЕО. 2005. Т. 2. С. 539-544.
69. Пашенко А.В. Об экологической безопасности и эффективности обеззараживания городских сточных вод полимерными реагентами // Серія: Актуальні проблеми сучасної науки в дослідженнях молодих вчених м. Харкова. Харків: ХНУ. 2001. № 506. С. 220–222.
70. Нижник Т.Ю. Извлечение ионов тяжелых металлов из водных растворов с использованием азотсодержащего реагента // Автореф. дис. канд. ехн. наук, Киев. 2007. 24 с.
71. Пашенко О.В. Знезаражування міських стічних вод полімерними електролітами // Автореф. дис. канд.техн. наук. Харків. 2006. 22 с.
72. Рой А.А. Микробное разрушение гексаметилендиамина // Микробиологические методы борьбы с загрязнением окружающей среды. Пушино: Наука. 1975. С. 60-62
73. Никоненко В.У. Изучение ферментативной деструкции гесаметиленамина бесклеточным экстрактом из *Bacillus subtilis* 21/3 / В.У. Никоненко, А.А. Рой, П.И. Гвоздяк // Прикладная биохимия и микробиология. 1981. Т. 17. № 1. С. 141-144.
74. Гвоздяк П.И. Ферментативная деструкция гексаметилендиамина / П.И. Гвоздяк, В.У. Никоненко, Т.П. Чеховская, Н.Б. Загорная // Химия и технология воды. 1987. Т. 9. № 2. С. 172-174.



I.I. Vointseva

## POLYHEXAMETHYLENEGUANIDINE HYDROCHLORIDE AS REAGENT-OXIDIZERS ALTERNATIVE FOR WATER PURIFICATION AND DISINFECTION. Part 2.

**P**olyhexamethyleneguanidine 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