

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ В ВОДОПРОВОДНОЙ ПРАКТИКЕ РЕАГЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПГМГ-ГХ



Плитман С.И.¹
д-р мед. наук,
проф.

Фигурин Т.И.²
заместитель
руководителя

Новиков М.Г.³
д-р техн. наук, советник
генерального директора

Петрова Л.Ш.⁴
начальник
территориального отдела

Аверин С.Ю.⁴
главный специалист
территориального отдела

Ильин С.Н.⁵
директор

1 - ФБГНУ «НИИ медицины труда», г. Москва

2 - Управление Роспотребнадзора по Вологодской области

3 - АО «Ленводоканалпроект»

4 - Управление Роспотребнадзора по Вологодской области в г. Череповце, Череповецком, Шеннинском, Кадуйском, Устюженском, Чагодощенском, Бабаевском районах

5 - МУП г. Череповца «Водоканал»

Статья содержит результаты лабораторных и производственных испытаний технологии водоподготовки с использованием реагентов на основе ПГМГ-ГХ – полигексаметиленгуанидин гидрохлорида в качестве флокулянта, компонента комплексного коагулянта. Показано, что возможно существенное снижение доз средств обеззараживания при использовании ПГМГ-ГХ на стадиях осветления.

Рассмотрены гигиенические аспекты совершенствования контроля за внедрением новых технологий при применении соответствующих технологий.

Ключевые слова: (ПГМГ-ГХ) – полигексаметиленгуанидин гидрохлорида, водоподготовка, коагуляция, флокуляция, санитарно-эпидемиологический надзор, риск, здоровье.

В связи с вводом в действие Федерального Закона от 07.12.2011 г. №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» [1] на организации, обеспечивающие подготовку воды для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения, возлагается ряд задач, которые трудно осуществить, используя лишь традиционно применяемые

технологии и реагенты. Особый интерес представляют комплексные решения, обеспечивающие снижение степени химизации питьевой воды, в т.ч. снижающие количества вводимых средств для обеззараживания воды, а также в целом снижают себестоимость водоподготовки при сохранении качества получаемой питьевой воды.

До настоящего времени основными реагентами, используемыми для обеззараживания воды, являются окислители (преимущественно хлор и гипохлорит натрия, в значительно меньшей степени диоксид хлора и озон).

Обеспечивая достаточно высокую степень обеззараживания воды, указанные выше реагенты обладают существенными недостатками, так как при их применении в воде могут образовываться канцерогенные и другие токсичные продукты [2, 3], что повышает риск понижения иммунитета, нарушения обмена веществ, а также может способствовать иницированию развития злокачественных новообразований.

В этой связи актуальной задачей является разработка реагентов нового поколения, позволяющих в процессах очистки воды либо полностью отказаться от использования окислителей, либо свести их применение к минимуму.

Наш опыт свидетельствует о перспективности использования полигексаметиленгуанидин гидрохлорида (ПГМГ-ГХ). Это высокомолекулярное вещество является синтетическим полиэлектролитом, обеспечивающим флокулирующие свойства. При этом ПГМГ-ГХ обладает также биоцидными свойствами. При его использовании в воде не образуются новые токсичные продукты, а из воды эффективно удаляются вещества, сорбируемые на взвешенных веществах (включая соли тяжелых металлов) [4].

С гигиенических позиций преимуществом реагентов на основе ПГМГ-ГХ является то, что для практики санитарного надзора за применением синтетических полиэлектролитов имеется документ [5], регламентирующий процедуры, обеспечивающие минимизацию риска для здоровья при применении их в практике водоподготовки. Наиболее значимыми требованиями при анализе представляемой документации по соответствующим реагентам должны быть такие характеристики, как:

- содержание побочных продуктов и примесей;
- расчеты допустимого содержания мономеров и токсичных примесей с учетом ПДК;
- обоснование максимально допустимых доз реагентов, обеспечивающих безопасное использование в технологии водоподготовки.

Флокулирующие и биоцидные свойства реагентов, содержащих ПГМГ-ГХ, обоснованы его структурой. Так, объединение в одной полимерной цепи множества гуанидиновых группировок придает всей макромолекуле полимера большой положительный заряд и обуславливает его способность вступать в электростатическое взаимодействие с отрицательно заряженными частицами различной природы.

В результате микроорганизмы, несущие в своем большинстве электроотрицательный заряд, обеспечивают сорбцию положительно заряженного вещества на поверхности микробной клетки. Это приводит к разрушению цитоплазматической мембраны, вещество проникает внутрь клетки, нарушает обмен веществ, воспроизводящую способность нуклеиновых кислот и белков, угнетает дыхательную систему, что приводит к гибели микроорганизма.

Биоцидное действие ПГМГ-ГХ может быть существенно усилено в смесевых препаратах. Например, при добавлении к ПГМГ-ГХ в небольшом количестве четвертичного аммониевого соединения – катамина АВ, являющегося низкомолекулярным веществом, но имеющим такой же положительный заряд реакционного центра [6, 7].

В наибольшей степени эффективность очистки воды может быть повышена при применении ПГМГ-ГХ в смеси с неорганическими коагулянтами. Это приводит к агрегации взвешенных частиц при значительно меньших дозах реагентов в широком диапазоне pH, ускорению процесса образования макрохлопьев и увеличению их плотности.

Такие смесевые реагенты на основе ПГМГ-ГХ усиливают эффект всего комплекса водоподготовки, не образуя при этом отрицательно влияющих на здоровье соединений.

Однако, при указанных преимуществах рассматриваемых реагентов необходимо учитывать тот факт, что гигиеническая эффективность обработки воды ими, включая обеззараживание, определяется не только соблюдением в обработанной воде ПДК полиэлектролита (ПГМГ-ГХ), но и соблюдением ПДК мономеров, которые могут присутствовать в пределах 0,1%-1,0%.



Расчетные дозы реагентов на основе ПГМГ-ГХ, обеспечивающие гигиенические нормативы в обрабатываемой воде с учетом процентов содержания мономеров

Таблица 1

Химическое соединение	Рабочая доза реагента по ПГМГ-ГХ, мг/л	% содержание мономера в ПГМГ-ГХ		Расчетная концентрация мг/л в обработанной воде при % содержании мономеров		Гигиенический норматив, мг/л
		1,0	0,1	1,0	0,1	
ПГМГ-ГХ	5,0			< 0,03 ^{х/с} *		0,1
Гексаметилендиамин		1,0	0,1	0,05	0,005	0,01 [9]
Гексаметиленимин		1,0	0,1	0,05	0,005	0,02 [10]
Гуанидин гидрохлорид		1,0	0,1	0,05	0,005	1,0 [11]

*х/с учетом удаления при фильтрации 95% осадка взвеси, содержащей ПГМГ-ГХ.

Динамика инактивации санитарно-показательных, условно-патогенных и патогенных микроорганизмов в воде под влиянием средства «Дезавид концентрат»

Таблица 2

Показатели заражения	Концентрация ПГМГ-ГХ, мг/л	Исходный уровень заражения	Экспозиция, (в мин.)		Инактивация, %	
			30	60	30 мин.	60 мин.
ОМЧ, КОЕ/мл	0,04	400	50	0	87,5	100
	0,16	400	2	0	99,5	100
E. coli, КОЕ/100 мл	0,04	11200	0	0	100	100
	0,16	10400	0	0	100	100
ОКБ, КОЕ/100 мл	0,04	11000	0	0	100	100
	0,16	11400	0	0	100	100
ТКБ, КОЕ/100 мл	0,04	10300	0	0	100	100
	0,16	10200	0	0	100	100
Ps. aerug, КОЕ/1 л	0,04	1100	0	0	100	100
	0,16	1000	0	0	100	100
Сальмонеллы КОЕ/1 л	0,04	380	0	0	100	100
	0,16	380	0	0	100	100
Клостридии, КОЕ/20 мл	0,04	200	2,1	0	98,95	100
	0,16	160	0	0	100	100
St. aureus, КОЕ/100 мл	0,04	200	0	0	100	100
	0,16	200	0	0	100	100
Коли-фаги, БОЕ/100 мл	0,04	104	0	0	97,69	100
	0,16	108	0	0	100	100

Среднегодовые значения показателей качества питьевой воды перед подачей в разводящую сеть водопровода г. Череповца до и после применения реагента, содержащего ПГМГ-ГХ по данным производственного и технологического контроля МУП г. Череповца «Водоканал» за 2007 г. (до использования реагента с ПГМГ-ГХ) и 2014 г. (при использовании ПГМГ-ГХ)

Таблица 3

Показатель Единицы измерения	Исходная вода		Вода после коагуляции		Вода после фильтрации		Вода после РЧВ	
	2007	2014	2007	2014	2007	2014	2007	2014
Мутность, мг/дм ³	3,05	5,26	2,35	0,95	0,42	0,04	0,42	0,04
Цветность, град.	62	53	16	12	13	10	12	10
Хлороформ, мг/дм ³	<0,001	<0,001	-	-	-	-	0,15	0,009
ПГМГ-ГХ, мг/дм ³	-	-	-	0,09	-	0,08	-	0,06
ОМЧ, КОЕ/дм ³	-	-	-	-	не обн.	-	не обн.	не обн.
ОКБ, КОЕ/100 дм ³	90	69	1,7	0,4	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
ТКБ, КОЕ/100 дм ³	68	49	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Коли-фаги, БОЕ/100 дм ³	23	89	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.

Пример для расчета максимально допустимого содержания мономеров в ПГМГ-ГХ, при котором обеспечиваются гигиенические нормативы при разных рабочих дозах продукта, приведен в таблице 1.

Основанием для апробирования на МУП «Водоканал» г. Череповца реагентов, включающих ПГМГ-ГХ, явилось наличие нормативной и разрешительной документации, регламентированной требованиями МУ 2.1.4.1060-01 в части п. 6 и 7 приложения 1 и 2, гигиенических нормативов, как на полиэлектролит, так и на мономеры [8] и методики аналитического определения ПГМГ-ГХ.

Оценка в лабораторных условиях обеззараживающего эффекта одного из продуктов на основе ПГМГ-ГХ – «Дезавид концентрат» в дозах 0,04-0,16 мг/л [3] свидетельствует о выраженной инактивации микроорганизмов разной степени устойчивости (табл. 2).

Дополнительно проведенные исследования с препаратами «Дезавид концентрат» и «Дефлок» в производственных условиях показали,

что при дозе 0,06-0,18 (по ПГМГ-ГХ) и соблюдении времени контакта с реагентами порядка трех часов при использовании уже существующей двухступенчатой технологической схемы очистки воды с применением осветлителей-рециркуляторов и бактерицидных ламп в течение года (за исключением периода интенсивного роста планктона в воде) достигался необходимый эффект обеззараживания воды.

Обобщающие результаты значений показателей качества питьевой воды перед подачей в разводящую сеть водопровода г. Череповца после очистки воды р. Шексны по двухступенчатой схеме водоочистки с использованием осветлителей-рециркуляторов на первой ступени, скорых фильтров – на второй приведены в таблице 3.

Принципиально новой опцией в практике санитарного надзора за качеством питьевой воды в системах централизованного водоснабжения явился анализ филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Вологодской области» в г. Череповец оценки канцерогенного риска для здоровья населения



в г. Череповце хлороформа в питьевой воде, в период использования на МУП «Водоканал» хлорсодержащих реагентов и применения реагентов на основе ПГМГ-ГХ.

Работа выполнена в соответствии с Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду [10]. В результате анализа установлено, что внедрение новой системы привело к снижению индивидуального канцерогенного риска с $2,51 \cdot 10^{-5}$ до $1,04 \cdot 10^{-5}$, а популяционный риск снизился с 0,11 до 0,05, что составляет 0,05 дополнительного случая заболеванием раком в год к экспонируемой популяции.

Выводы

1. Применение для комплексной обработки воды реагентов на основе ПГМГ-ГХ обосновано структурой данного синтетического полиэлектролита и наличием ПДК для реагента и мономеров, которые могут присутствовать в нем.

2. Наличие МУ 2.1.4.1060-01 «Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием синтетических полиэлектролитов в практике питьевого водоснабжения» позволяет эффективно в пределах существующего законодательства выполнять надзорные функции по минимизации риска для здоровья при применении реагентов на основе ПГМГ-ГХ в качестве компонентов комплексного коагулянта или флокулянта.

3. Многолетний опыт работы МУП «Водоканал» г. Череповца с использованием реагентов на основе ПГМГ-ГХ свидетельствуют об эффективности их применения в процессе очистки воды.

4. Условиями для использования реагентов на основе ПГМГ-ГХ в качестве флокулянтов являются не только определение опытным путем оптимальной рабочей дозы, обеспечивающей эффективную очистку, но соблюдение в обработанной воде гигиенических нормативов, как по полиэлектролиту, так и по мономерам.

5. Расчеты индивидуальных и популяционных рисков в г. Череповце за счет снижения концентрации в воде хлороформа свидетельствует не только о снижении опасности для здоровья при использовании воды, обработанной на стадии коагуляции и флокуляции с использованием реагентов на основе ПГМГ-ГХ (вместо хлорсодержащих окислителей, используемых ранее), но и правомерности включения в процедуру санитарно-эпидемиологического надзора расчетов по уровням канцерогенных рисков за счет питьевого фактора.

6. Внедрению реагентов на основе ПГМГ-ГХ на водоканалах других территорий должна предшествовать отработка технологических режимов, учитывающих качество исходной воды и весь комплекс сооружений, обеспечивающих коагуляцию, фильтрацию и состояние разводящих сетей.

Литература:

1. Федеральный Закон от 07.12.2011 г. №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении».
2. Хохрякова Е.А. Современные методы обеззараживания воды / Е.А. Хохрякова // Издательский центр «Аква-Терм». – Москва, – 2014, с. 110.
3. Воинцева И.И. Полигексаметиленгуанидин гидрохлорид – реагент комплексного неокислительного действия для очистки и обеззараживания воды / И.И. Воинцева // Материалы шестой конференции, посвященной Международному дню воды и Дню работников ЖКХ «Современные технологии в системах водоснабжения и водоотведения. Изменения в федеральном законодательстве». Вологда, 2015. С. 30-43.
4. Ильин С.Н. Использование инновационных технологий в области водоподготовки на комплексе водоочистных сооружений МУП «Водоканал» г.Череповец / Материалы шестой конференции, посвященной Международному дню воды и Дню работников ЖКХ / Ильин С.Н. «Современные технологии в системах водоснабжения и водоотведения. Изменения в федеральном законодательстве». – Вологда, 2015. – С. 13-23.
5. Инструкция по применению дезинфицирующего средства «ДЕЗАВИД-концентрат № / ДК-02/10/ ООО «Адекватные технологии», свидетельства о регистрации от 27.07. 2010 г. за №RU.77.99.01.002.E000030.0710, от 19.04.2013г. за № RU.77.99. 88.002. E00311 2.04.13.
6. Одинцов Е.Е. Гигиеническая оценка химических средств обеззараживания воды плавательных бассейнов (на примере полиалкилгуанидинов) / Одинцов Е.Е // М. 2007. 172 стр. диссертация на соискания степени к.м.н.
7. Препарат «Дезавид», комбинированное действие ПГМГ-ГХ и алкилбензидил-аммоний хлорида / О.О. Сеницина, Р.А. Мамонов, Е.Е. Одинцов, Н.Н. Беляева, ж-л «Токсикологический вестник» 2009 – №5. – с. 39-40.
8. МУ 2.1.4.1060-01. Санитарно-эпидемиологический надзор за использованием синтетических полиэлектролитов в практике питьевого водоснабжения: Методические указания. М., 2001.
9. Руководство по контролю качества питьевой воды / – Т. 1.: Рекомендации. – Женева: ВОЗ, – 1994, – с. 253.
10. Р 2.1.10.1920-04 Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора. МЗ России. – 2004. – с. 143.
11. Гигиенические нормативы «ПДК химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» ГН 2.1.5.1315-03 п. 954.