

**Фильтрационные методы обеззараживания
систем горячего водоснабжения от легионелл**

Чл-корр. РАН д.т.н. проф. Систер В.Г., к.т.н. доц. Цедилин А.Н.,
к.т.н. доц. Иванникова Е.М.¹, д.б.н. проф. Тартаковский И.С.², Шульга Е.Г.¹

Университет машиностроения
8 (499) 267-19-70, vgs001@mail.ru, azedilin@yandex.ru, iegh510@yandex.ru

¹ООО «Национальная Инновационная Компания»

8 (495) 623-58-77, shustava21@mail.ru

²ФГБУ НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи
Министерства здравоохранения и социального развития РФ

8 (499) 193-30-01, itartak@list.ru

Аннотация. В статье приведена бактериологическая оценка контаминации легионеллами систем горячего водоснабжения помещений различных типов с температурным режимом в системах горячего водоснабжения 45 – 54 °С, способствующим размножению легионелл, и фильтрационных методов обеззараживания систем горячего водоснабжения. Описаны методы предотвращения активного размножения легионелл. Представлены данные по мониторингу концентраций легионелл с использованием фильтров различных типов в системах горячего водоснабжения.

Ключевые слова: легионеллез, система горячего водоснабжения, фильтрация, антибактериальная эффективность, концентрация, биопленки, мониторинг

Введение

Современная концепция профилактики легионеллеза сформировалась за последние 10 лет и регламентируется рядом международных и национальных документов. Концепция профилактики основана на следующих факторах:

- повышении и поддержании высокой температуры в системе горячего водоснабжения до 65 – 70 °С;
- использовании гиперхлорирования – применения высоких концентраций хлорсодержащих соединений (двуокись хлора, монохлорамин);
- ионизации воды с помощью ионов серебра и меди;
- ультрафиолетовом облучении и озонировании;
- использовании фильтровальных насадок в душах и водопроводных кранах отделений групп риска [1].

Основная часть

На наш взгляд, фильтрационный метод очистки воды в настоящее время является наиболее перспективным для профилактики легионеллеза и других бактериальных инфекций с водным путем передачи в помещениях различных типов. Метод полностью исключает возможный контакт контингентов групп риска с возбудителями бактериальных нозокомиальных инфекций, распространяемых через систему водоснабжения. Метод требует регулярной замены фильтра.

Для оценки фильтрационного метода очистки воды в системах горячего водоснабжения был проведен мониторинг концентраций легионелл с использованием фильтров различных типов в системах горячего водоснабжения (таблица 1).

Сравнение фильтров различных типов для очистки воды от *Legionella pneumophila* в системах горячего водоснабжения

Наименование модели фильтра концентрац. <i>Legionella pneumophila</i>	«Corning Glass Corp.»	«Керамик фильтр»	«Дион»	Raifil RO894-550BP-EZ	Aquasafe: AQF3
10 ¹⁰ КОЕ/литр	10 ⁶	10 ⁶	10 ³	10 ³	Не обнаружено
10 ⁸ КОЕ/литр	10 ⁶	10 ⁴	10 ²	10 ²	Не обнаружено

Как видно из таблицы 1, приемлемой для дальнейших исследований антибактериальной эффективностью обладает фильтр водный антибактериальный Aquasafe: AQF3 с принадлежностями производства Палл Медикал (Pall Medical) (Великобритания).

Таблица 2

Антибактериальная эффективность водного фильтра Aquasafe

Количество повторов концентрац. <i>Legionella pneumophila</i>	Повтор 1	Повтор 2	Повтор 3	Повтор 4	Повтор 5
10 ¹⁰ КОЕ/литр	Не обнаружено				
10 ⁸ КОЕ/литр	Не обнаружено				

Для подтверждения антибактериальной эффективности фильтра водного антибактериального Aquasafe: AQF3 с принадлежностями производства Палл Медикал (Pall Medical) (Великобритания) в процессе мониторинга приготовленные водные суспензии штамма *Legionella pneumophila*, серогруппа 1 Philadelphia 1 в концентрациях 10⁸ и 10¹⁰ КОЕ/ литр воды последовательно пропускали через фильтр (5 повторов). По завершении фильтрации профильтрованную воду в объеме 0,2 мл высевали на буферный угольно-дрожжевой агар. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Полученные экспериментальные результаты (таблицы 1, 2) позволяют сделать вывод, что в результате мониторинга концентраций легионелл с использованием фильтров различных типов в системах горячего водоснабжения приемлемой антибактериальной эффективностью, обеспечивающей требования для систем водоснабжения, обладает фильтр водный антибактериальный Aquasafe: AQF3 с принадлежностями производства Палл Медикал (Pall Medical) (Великобритания).

Для экспериментальных исследований водного антибактериального фильтра Aquasafe: AQF3 с принадлежностями производства Палл Медикал (Pall Medical) были выбраны типо-

вые помещения, использующие автономные технические средства нагрева воды до 55 °С и техническое помещение с нагревом воды до 75 °С.

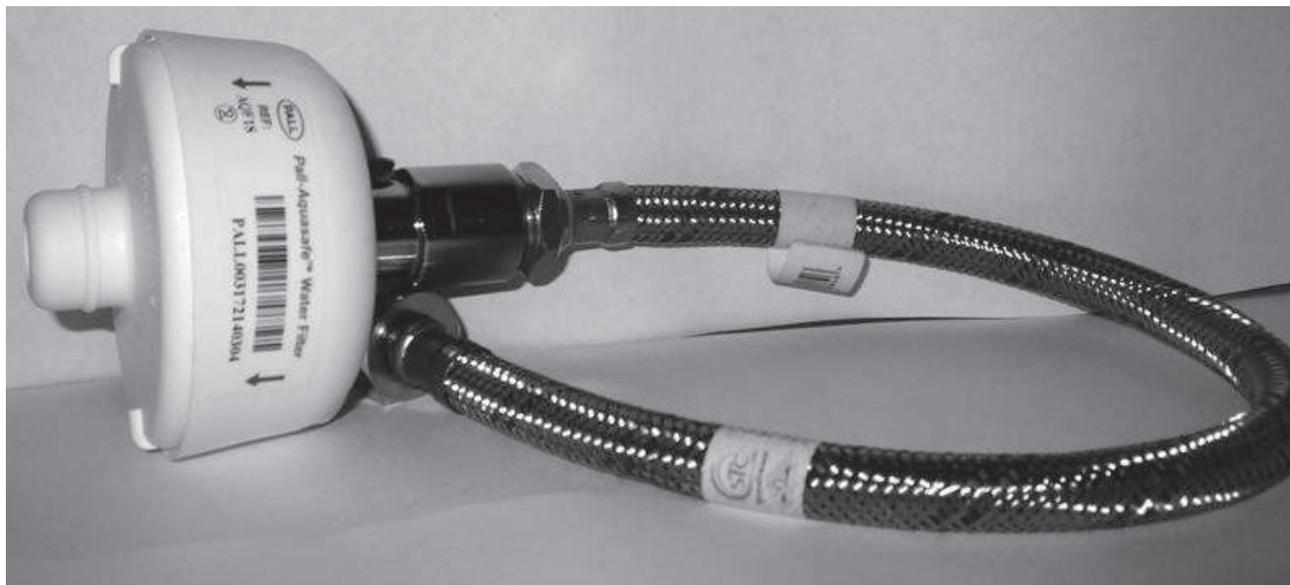


Рисунок 1. Общий вид фильтра Аквасейф в сборке перед установкой в систему горячего водоснабжения

Фильтры Аквасейф в сборке (рисунок 1) устанавливались параллельно в душевых и водопроводных кранах, использовались круглосуточно с расходом 0,5 – 5,0 л/мин при давлении воды 0,6 МПа (6 кгс/см²) и температуре 45 – 54 °С и до 75 °С.

Таблица 3

Значения концентраций легионелл в горячей воде после фильтров по прошествии 1 недели исследований

Объекты исследований	Концентрация легионелл (КОЕ/литр)	ПЦР – РВ (КОЕ/литр)
Помещение 1(1 этаж)	не обнаружено	не обнаружено
Помещение 2 (4 этаж)	не обнаружено	не обнаружено
Помещение 3 (5 этаж)	не обнаружено	не обнаружено
техническое помещение (подвал)	не обнаружено	не обнаружено

Перед апробацией фильтра Аквасейф были определены значения концентраций легионелл в горячей воде исследуемых объектов. Концентрация легионелл в системах горячего водоснабжения различных помещений достигала 10^5 - 10^7 КОЕ/литр, что свидетельствует о высоком уровне контаминации данных объектов.

После установки на раздаточных трубопроводах исследуемых объектов фильтров Аквасейф в сборке были определены значения концентраций легионелл в горячей воде после фильтрования по прошествии 1 и 3 недель (таблицы 3, 4).

**Значения концентраций легионелл в горячей воде после фильтров по прошествии
3 недель исследований**

Объекты исследований	Концентрация легионелл (КОЕ/литр)	ПЦР – РВ (КОЕ/литр)
Помещение 1(1 этаж)	не обнаружено	не обнаружено
Помещение 2 (4 этаж)	не обнаружено	не обнаружено
Помещение 3 (5 этаж)	не обнаружено	не обнаружено
техническое помещение (подвал)	не обнаружено	не обнаружено

Из анализа данных таблиц 3 и 4 следует, что использование водного антибактериального фильтра Аквасейф: AQF3 с принадлежностями производства Палл Медикал (Pall Medical) (Великобритания) полностью очищает горячую воду от *Legionella pneumophila*.

Выводы

Legionella pneumophila в искусственных водных системах колонизирует различные поверхности (в т.ч. и фильтрационных микропористых элементов) с образованием биопленок, которые по мнениям специалистов, способствуют возникновению легионеллеза.

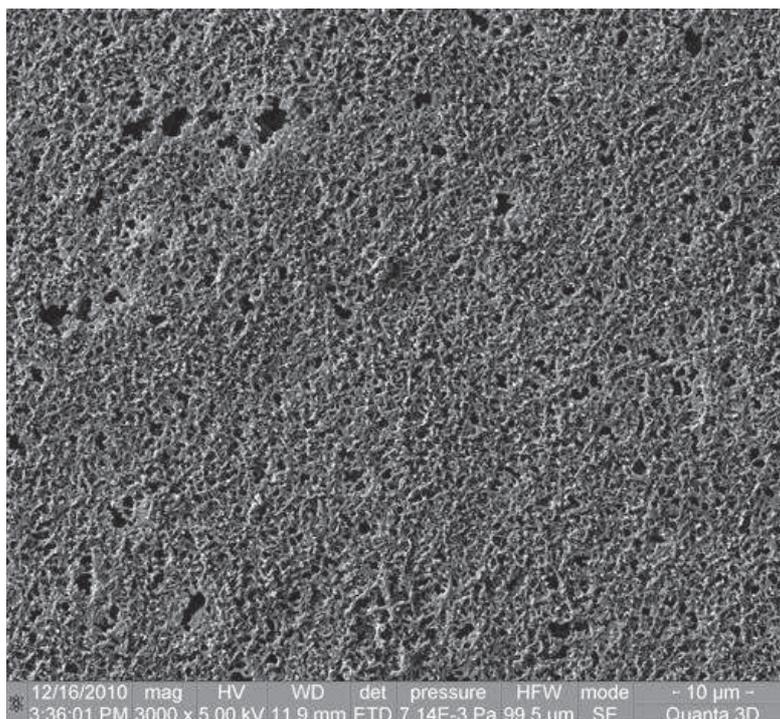


Рисунок 2. Исходная микропористая поверхность фильтрующего элемента

В ходе работы была проведена оценка оптимального временного режима работы водного антибактериального фильтра Аквасейф для локального снижения концентраций легионелл в системах горячего водоснабжения с учетом особенностей выбранных объектов. Оценка проводилась по образованию биопленок, ассоциированных с легионеллами, на поверхности фильтрационного микропористого элемента фильтра, установленного в помещении 2 (4 этаж, максимальное загрязнение горячей воды легионеллами) с помощью электронной микроскопии (рисунки 2, 3, 4).

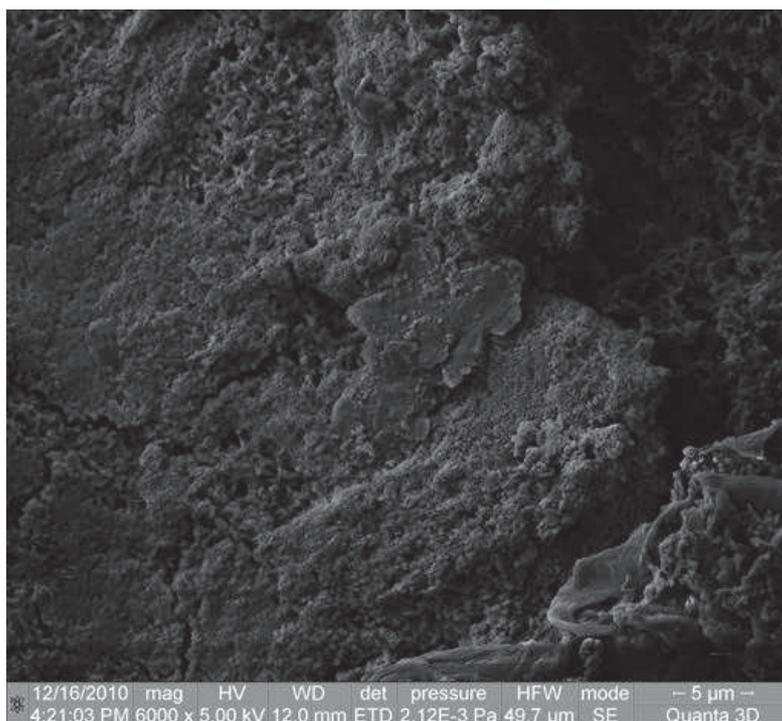


Рисунок 3. Микropористая поверхность фильтрующего элемента после эксплуатации в течение 1 недели

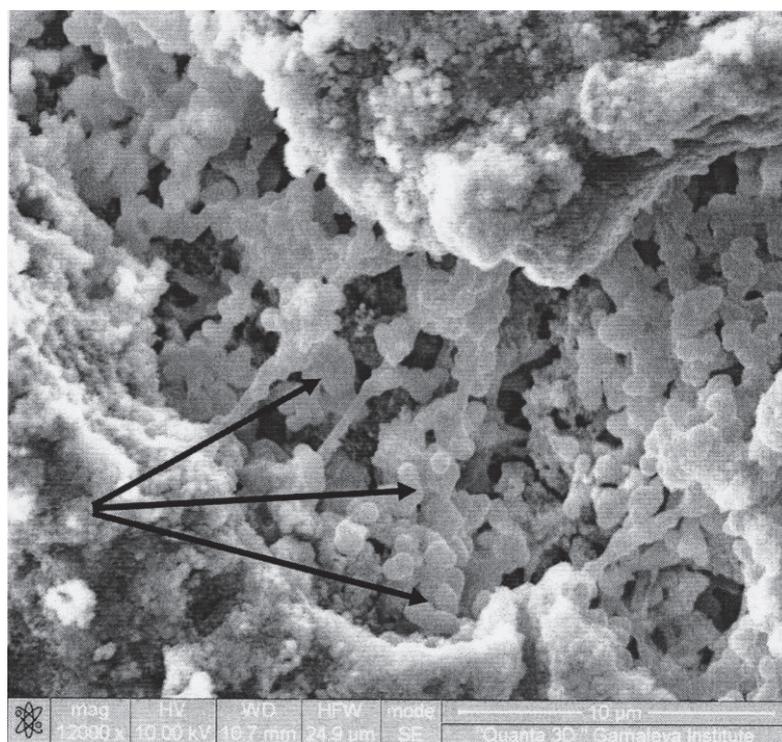


Рисунок 4. Микropористая поверхность фильтрующего элемента после эксплуатации в течение 3 недель

На рисунках 3 и 4 показано, что циркулирующие в водопроводной воде микроорганизмы, адгезируются на поверхности фильтрующих микропористых элементов, образуют микроколонии, синтезируют экзоклеточный матрикс и объединяются в организованные смешанные биопленки. Скорость образования биопленок на фильтрах достаточно высока: через неделю на поверхности фильтров можно было видеть отдельные микроколонии (рисунок 3), а через 3 недели – организованные смешанные биопленки с хорошо видимыми отдельными бактериями при растрескивании экзополисахаридного матрикса внутри биопленок и при формировании номад (рисунок 4).

На основании представленных данных по формированию биопленок, ассоциированных с легионеллами, на поверхности фильтрационного микропористого элемента можно оценить оптимальное время работы водного антибактериального фильтра Аквасейф для локального снижения концентраций легионелл в системах горячего водоснабжения учетом особенностей выбранных объектов в 3 недели.

Дальнейшее использование водного антибактериального фильтра Аквасейф для локального снижения концентраций легионелл в системах горячего водоснабжения может привести, по аналогии с поверхностями увлажнения в центральных кондиционерах, к потере механической прочности, образованию микротрещин и, как следствие, попаданию легионелл в отфильтрованную горячую воду.

Полученные результаты показывают возможность использования фильтрационного метода для снижения концентрации легионелл в городских помещениях различных типов, оборудованных системой горячего водоснабжения и использующих оборудование, обеспечивающего пониженную, по сравнению с требованиями [7], температуру в системах горячего водоснабжения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Соглашения о предоставлении гранта в форме субсидии № 14. В37. 21.0670 от 20.08.2012 г.

Литература

1. Систер В.Г., Тартаковский И.С., Цедилин А.Н., Иванникова Е.М. Особенности профилактики техногенного инфекционного заболевания легионеллеза в условиях лечения профилактических учреждениях // Здоровье населения и среда обитания. 2012 г. №12. С.39-40.
2. Прозоровский С.В., Покровский В.И., Тартаковский И.С. Болезнь легионеров. М.: Медицина, 1984.
3. Онищенко Г.Г., Лазикова Г.Ф., Чистякова Г.Г. и др. Эпидемиологическая характеристика вспышки легионеллеза в г. Верхняя Пышма. // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2008 г. № 2. С. 82-85.
4. Sabria M., Campins M. Legionnaires Disease: update on epidemiology and management options // Am.J.respir.med. 2003 г. № 2(3). С. 235-243.
5. Методические указания МУК 4.2.2217-07. М., 01.08.2007. Выявление бактерий *Legionella pneumophila* в объектах окружающей среды.
6. Систер В.Г., Тартаковский И.С., Иванникова Е.М., Цедилин А.Н., Ямчук А.И., Бочкова М.А. Термические методы обеззараживания систем горячего водоснабжения от легионелл. // Альтернативная энергетика и экология. 2013 г. №5(часть 2) С. 111-113.
7. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.1.4.2496-09, 01.09.2009. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения.
8. Систер В.Г., Тартаковский И.С., Иванникова Е.М., Шульга Е.Г. Легионеллез: причины возникновения, профилактические мероприятия // Известия МГТУ "МАМИ". 2012. №2 (14), т.4, с.283-287
9. Систер В.Г., Цедилин А.Н., Иванникова Е.М., Тартаковский И.С., Шульга Е.Г. Электрохимический метод обеззараживания систем горячего водоснабжения // Химическое и нефтегазовое машиностроение, №9, 2013г. с. 32-34