

# ЭКОЛОГИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЖКХ. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ

---

DOI: 10.15593/2409-5125/2015.03.04

УДК 28.316.6

**Ю.В. Болотова, К.А. Карелина**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

## **БАКТЕРИИ ЛЕГИОНЕЛЛЫ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ. МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПАТОГЕННЫМИ МИКРООРГАНИЗМАМИ**

Рассмотрены происхождение, структура, условия обитания возбудителей заболевания легионеллезом. Основное внимание обращается на изучение патогенных микроорганизмов и их воздействие на человека. Проблема негативного влияния решается за счет использования специализированного оборудования для дополнительного обеззараживания воды. Каждый из методов борьбы с бактериями по-своему действует на клетку паразита за счет специальных функций. Анализ рассмотренных устройств показывает эффективность обеззараживания, изменение структуры микроорганизма, критерии, которыми следует руководствоваться при выборе оборудования.

**Ключевые слова:** вода, бактерии, обеззараживание, ультрафиолет, ультразвук, температура, легионеллез, отложения, система водоснабжения.

Неотъемлемой частью нашей жизни является вода, используемая в любой сфере жизни человека, но претерпевающая колоссальные антропогенные воздействия. Именно гидросфера кроет в себе множество бактерий, которые опасны для жизни, но не все известны человечеству.

Одним из нашумевших открытий стало обнаружение возбудителей болезни легионеллеза, которая протекала с поражением дыхательной и центральной нервной систем человека. Происхождение и структура бактерии были не сразу исследованы, вслед-

ствие чего легионеллез не поддавался лечению, а инфекция прогрессировала в организме человека.

Целью нашей работы является обзор методов обезвреживания патогенных микроорганизмов и эффективности способов удаления бактерий из систем водоснабжения.

Легионеллы – патогенные микроорганизмы, живущие как в природе, так и в устройствах, созданных человеком. Легионеллы обитают в водной среде и в местах с повышенной влажностью, такие условия являются благоприятными для их размножения и жизнедеятельности.

В водоемах они паразитируют в амебах и других простейших. У легионелл сложились симбиотические взаимоотношения с этими организмами, за счет продуктов их метаболизма легионеллы и живут [1]. При попадании в систему водоснабжения образуют на поверхности трубопроводов биопленку (рис. 1), предпочитая поверхности из резины или пластика, где размножаются до высоких концентраций и становятся устойчивыми к дезинфицирующим средствам. Кроме систем водоподготовки живут в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, что обусловлено благоприятным интервалом температур, откуда аэрозольным путем могут инфицировать дыхательную систему человека [2].



Рис. 1. Биопленка в системе водоснабжения

Не зря эти микроорганизмы относят к патогенным, так как при попадании в организм человека, могут вызвать в его тканях и органах патологические изменения.

Легионеллы не представляют эпидемической опасности, но, заразив человека, могут привести к тяжелой форме пневмонии, которая из десятков случаев в 15 % заканчивается летальным исходом [3].

Бактерии синтезируют токсические вещества – эндотоксины, которые локализуются в стенке микроорганизма и представляют опасность для любого живого существа только после распада клетки хозяина. Эндотоксин обуславливает интоксикацию и поражение различных органов и систем [4].

Легионеллы относятся к грамотрицательным бактериям, которым характерно наличие двух мембран, между которыми находится клеточная стенка и периплазматическое пространство (рис. 2). Каждый из слоев клетки делает микроорганизм менее восприимчивым к окружающей среде.

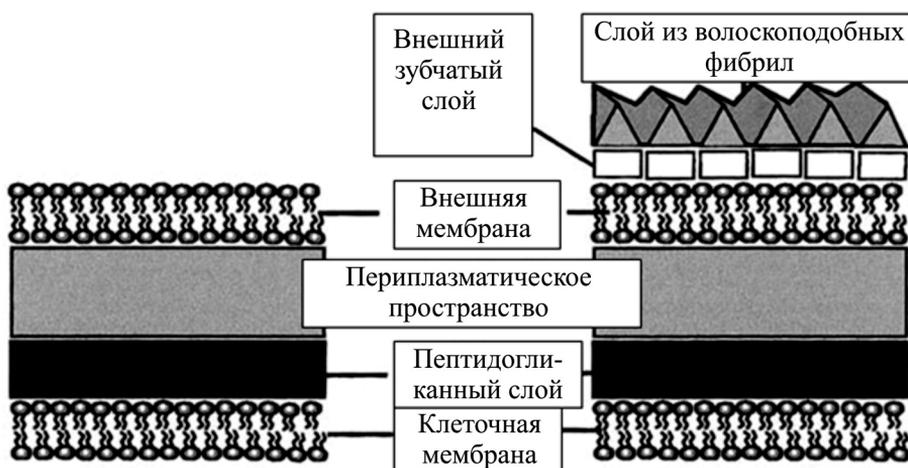


Рис. 2. Строение клетки бактерии легионеллы

Зубчатый слой – слой из плотноупакованных белков, выстилающих наружную поверхность клетки и обеспечивающих защиту от резких изменений рН или концентраций каких-либо ионов [5].

Наиболее восприимчив к вирусам организм с пониженным иммунитетом. Как правило, легионеллы локализуются в определенном органе и не распространяются по организму. Однако следует отметить тот факт, что легионеллы быстро размножаются,

при этом увеличивается площадь их обитания, а значит, вероятность выделения вирусов в организм человека увеличивается.

Реализация патогенности идет через вирулентность – это способность микроорганизма проникать в макроорганизм, размножаться в нем и подавлять его защитные свойства. Это штаммовый признак, он поддается количественной характеристике.

Количественными характеристиками вирулентности являются:

1) DLM (минимальная летальная доза) – это количество бактерий, при введении которых в организм лабораторных животных получают 95–98 % гибели животных в эксперименте;

2) LD<sub>50</sub> – это количество бактерий, вызывающее гибель 50 % животных в эксперименте;

3) DCL (смертельная доза) вызывает гибель 100 % животных в эксперименте [6].

Исходя из вышеприведенных показателей, можно предположить, что человеческому организму требуется большая доза бактерий для заражения и летального исхода.

Впервые заболевание легионеллезом было зафиксировано в западных странах с жарким и сухим климатом. Говорилось, что инфицирование произошло через систему водоснабжения, вследствие прогрева почвы на значительную глубину, это вызвало нагрев трубопроводов, которые плохо дезинфицировались, а вода плохо очищалась. Основным объяснением в той ситуации был жаркий климат и его воздействие на водоснабжение. Однако, спустя время, вспышки заболеваний были зарегистрированы и в европейских странах (табл. 1).

Таблица 1

Эпидемические вспышки легионеллеза в 2003–2007 гг.

Страна	Годы	Количество заболевших, чел.	Количество умерших, чел.
Франция	2003, 2004	86	17
Швеция	2004	32	3
Норвегия	2005	55	10
Испания	2006	122	6
Россия	2007	202	4

Среди заболевших были люди старше 40 лет с наличием сопутствующих заболеваний сердечно-сосудистой, нервной, дыхательной систем, также отмечалась болезнь и у детей, которые страдали дистрофией либо которые только что переболели вирусными заболеваниями [7].

Закономерность возникновения болезни было сложно установить, тогда ученые вывели ряд условий, при которых возможна колонизация легионелл:

- теплая вода (от 20 до 45 °С);
- синтетические и резиновые поверхности водопроводного, промышленного и медицинского оборудования;
- искусственные водные системы: системы горячего и холодного водоснабжения, централизованные системы кондиционирования воздуха с водным охлаждением, градирни, вихревые бассейны и джакузи массового пользования в аквапарках и спортивно-восстановительных центрах, увлажнители воздуха, фонтаны и др.

Одной из главных причин образования микроорганизмов является температура. При взаимодействии воды с поверхностью труб происходит выделение токсических веществ, чаще это происходит при длительной эксплуатации трубопроводов с нарушением правил пользования, а также при плохом качестве транспортируемой воды.

Легионеллы устойчивы в жидких средах, поэтому при температуре 25 °С могут существовать 112 дней, в водопроводной воде – до года. В интервале температур 50–80 °С микроорганизмы мгновенно прекращают размножаться и при достижении верхней границы промежутка температур умирают.

Замена наружных систем водоснабжения является дорогостоящим мероприятием, поэтому в большинстве регионов вода подается потребителю по трубопроводам, которые служат уже более 50 лет. За такое время нарушаются не только свойства материала труб, но и образуется налет на внутренней поверхности, а в местах соединения – отложения в виде биопленок, ржавчины и слизистой оболочки, которые могут содержать в себе микроорганизмы, способные паразитировать и наносить вред человеку. Ежегодная дезинфекция трубопроводов и замена труб на некоторых участках трассы весьма улучшает ситуацию в целом, но даже

этих мер может быть недостаточно, ведь легионеллы, как и любой другой вид живого организма, способны адаптироваться под любые условия и быть устойчивыми к воздействию на них различных препаратов.

В 1976–1978 гг., с момента точного определения этиологии инфекции, в России в 2003 и в 2004 гг. зафиксировано 18 случаев легионеллеза [8]. В 2005 г. всего описано 26 случаев легионеллеза в России, из них 4 – у детей от 6 до 14 лет. В 2004 г. по 7 случаев легионеллеза отмечалось в Воронежской области и Санкт-Петербурге. В 2005 г. 3 случая заболевания из всех зарегистрированных отмечались в Воронежской области, 12 случаев – в Санкт-Петербурге, по 2 – в Ставропольском крае и Волгоградской области, 7 случаев – в Мордовии. Вспышка легионеллезной пневмонии была зафиксирована на Среднем Урале в июле 2007 г. в Верхней Пышме. Инфекция попала в квартиры через систему горячего водоснабжения из-за нарушения требований по промывке труб и сливу воды. В больницах оказались более 160 горожан, 5 человек скончались. Также вспышка легионеллезной пневмонии была зафиксирована в период с 22 ноября 2011 г. по 22 мая 2012 г. среди туристов, отдыхавших в отеле Calp в Испании, было зарегистрировано 23 случая легионеллеза, 4 из которых закончились летальным исходом [9].

По приведенным данным о периодичности заболевания на территории РФ можно видеть, что риск вспышки легионеллеза велик, несмотря на профилактические меры, предусмотренные следующими нормативными документами:

- СП 3.1.2.2626–10 «Профилактика легионеллеза. Санитарно-эпидемиологические правила» (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 05.05.2010 г. № 53);
- МУ 3.1.2.2412–08 «Эпидемиологический надзор за легионеллезной инфекцией» (утв. Роспотребнадзором 29.07.2008 г.).

На сегодняшний день системы очистки воды адаптированы под современные условия, которые соответствуют стандартам качества, тем не менее качество воды при потреблении в быту оставляет желать лучшего.

Степень загрязнения воды зависит от нескольких факторов:

- качества воды в источнике;
- качества водоподготовки воды на водозаборах;

- вторичного загрязнения воды в трубах по пути с водозабора до потребителя.

Первые два пункта контролируются надлежащими органами при заборе воды и подаче потребителю и могут быть откорректированы специальным техническим оборудованием, согласно установленным нормам, что подтверждается результатами химического и бактериологического анализов. Перед подачей потребителю качество воды определяется по 79 показателям, 6 из которых отражают бактериологический состав. По данным, предоставленным «Новогор-Прикамье» за 2013 г., бактерии и микроорганизмы в пробах воды не обнаружены, что соответствует требованиям СанПин.

Однако на стенках водоводов, по которым транспортируют воду, в образовавшихся отложениях уже возможно находятся бактерии или личинки, которые негативно могут повлиять на качество воды [10].

Одним из способов решения данной проблемы является установка оборудования очистки воды непосредственно в местах водоразбора потребителем. Это позволит не только улучшить показатели качества воды, но также предотвратить риск появления легионелл в системе водоснабжения.

Приквартирная установка очистки воды представляет собой систему фильтрации, состоящую из нескольких ступеней, однако в борьбе с микроорганизмами важную роль играет ступень дополнительного обеззараживания воды, которое заключается в обработке воды ультрафиолетовыми лучами или ультразвуком.

Кроме дополнительного обеззараживания воды в борьбе с легионеллами эффективным способом является термическая дезинфекция оборудования водоснабжения, а также система циркуляции.

Рассмотрим каждый из методов в отдельности, а именно влияние метода на структуру бактерии. Как было сказано ранее, структура бактерий – сложная, что обеспечивает ей большую устойчивость к внешним факторам воздействия на нее.

**Ультрафиолетовое облучение и его воздействие на микроорганизмы.** Обеззараживающий эффект УФ-излучения в основном обусловлен фотохимическими реакциями, в результате которых происходят необратимые повреждения ДНК. Помимо ДНК ульт-

рафиолет действует и на другие структуры клеток, в частности, на РНК и клеточные мембраны. Ультрафиолет как высокоточное оружие поражает именно живые клетки, не оказывая воздействия на химический состав среды, что имеет место для химических дезинфектантов. Ультрафиолетовые лучи длиной волн 220–280 нм действуют на бактерии губительно, причем максимум бактерицидного действия соответствует длине волн 264 нм [10].

Возникновение при воздействии УФ-излучения молекулярных повреждений ДНК, фотодеструкция белков и биологических мембран обуславливает развитие многочисленных биологических эффектов, которые приводят к летальному эффекту. В механизме летального эффекта главную роль играет образование пиримидиновых димеров в молекулах нуклеиновых кислот. Образование димеров в ДНК ведет к гибели клетки вследствие:

- 1) возникновения летальной мутации;
- 2) потери хотя бы одной из молекул ДНК способности к репликации за счет нерепарированных сшивок ДНК → ДНК или ДНК → белок;
- 3) нарушения процесса транскрипции.

У бактерий воздействие полного спектра УФ-излучения (200–400 нм) вызывает изменение темпа деления клеток и их гибель. Однако в этом процессе наблюдается несколько фаз. Непосредственно после облучения скорость деления уменьшается, и часть клеток гибнет. Выжившие клетки повторно делятся [11].

Поскольку легионеллы живут в организме-хозяине, например в амебе, которая устойчива к воздействию ультрафиолетового излучения, то необходима предварительная ступень разрушения клетки простейшего. С этой задачей справляется ультразвуковой метод обеззараживания воды.

**Обработка воды ультразвуком и его влияние на клетку бактерии.** Основной эффект действия ультразвука заключается во влиянии на тканевые и внутриклеточные процессы, изменении процессов диффузии и осмоса, проницаемости клеточных мембран, интенсивности протекания ферментативных процессов, окисления, кислотно-щелочного равновесия, электрической активности клетки. В тканях под действием ультразвука активируются обменные процессы, увеличивается содержание нуклеи-

новых кислот и стимулируются процессы тканевого дыхания. Под влиянием ультразвука повышается проницаемость стенок сосудов [12].

Установлено, что некоторые бактерии полностью уничтожаются под воздействием ультразвука, при этом другие разрушаются лишь частично. При гибели бактерий одновременно происходит их растворение, т.е. разрушение морфологических структур [14].

Ни один из методов не гарантирует абсолютную гибель всех микроорганизмов, каждый из методов влияет на бактерию с определенной частотой, что обуславливает уничтожение только части штамма легионелл. Поэтому компания Gruenbeck спроектировала двухзонную систему GENO-break, обеспечивающую воздействие ультрафиолетовых лучей и ультразвука (рис. 3).

Первая зона разрушает организм-хозяин (т.е. амебу) с помощью ультразвуковых процессоров. Ультразвуковая кавитация разрушает структуру клетки организма и оставляет легионеллу свободной и уязвимой в воде. Во второй зоне вода облучается ультрафиолетовым источником, который инактивирует бактерии. (Компания ООО «АнтИс» представляет интересы немецкого холдинга Hielscher Ultrasonics в России, выступая в качестве уполномоченного дистрибьютора [15].)



Рис. 3. Двухзонная система GENO-break

### ***Термическая дезинфекция оборудования водоснабжения.***

Температура – важнейший фактор для развития микроорганизмов. Для каждого из микроорганизмов существует минимум, оптимум и максимум температурного режима для роста. По этому свойству микробы подразделяются на три группы:

1) психрофилы – микроорганизмы, хорошо растущие при низких температурах с минимумом при  $-10...0^{\circ}\text{C}$ , оптимумом при  $10-15^{\circ}\text{C}$ ;

2) мезофилы – микроорганизмы, для которых оптимум роста наблюдается при  $25-35^{\circ}\text{C}$ , минимум – при  $5-10^{\circ}\text{C}$ , максимум – при  $50-60^{\circ}\text{C}$ ;

3) термофилы – микроорганизмы, хорошо растущие при относительно высоких температурах с оптимумом роста при  $50-65^{\circ}\text{C}$ , максимумом – при температуре более  $70^{\circ}\text{C}$ .

Легионеллы относятся к мезофилам, для развития которых оптимальной является температура  $25-35^{\circ}\text{C}$ . Низкие температуры замедляют рост микроорганизмов, но не убивают их.

При воздействии высокой температуры, превышающей максимум выносливости микроорганизмов, происходит их отмирание. Бактерии, не обладающие способностью образовывать споры, погибают при нагревании во влажной среде до  $60-70^{\circ}\text{C}$  через  $15-30$  мин, до  $80-100^{\circ}\text{C}$  – через несколько секунд или минут.

На основании чувствительности легионелл к температурному режиму немецкие производители Wilo и Vaillant создали автоматический регулятор (программатор) Vaillant calorMATIC 430 и циркуляционный насос для систем отопления и водоснабжения Wilo Star-Z 15TT. В каждой из установок предусмотрена стандартная программа термической дезинфекции водонагревателя или резервуара питьевой воды [16]. Это позволяет уничтожить бактерии и повысить качество воды.

***Циркуляционные системы.*** Основная функция циркуляции воды – предотвращение застоя в системе и остывания воды.

При остановке воды в системе происходит оседание микрочастиц на стенки труб, что способствует отложениям и образованию налета, который впоследствии перерастает в слизистую пленку, кишашую бактериями и микроорганизмами. Самым уязвимым местом системы являются стыки труб, где происходит

взаимодействие материала труб, а в зазорах скапливаются частицы воды, которые впоследствии становятся местом обитания микробов.

Во избежание остановки воды непосредственно перед водоразборным оборудованием компания ENOLGAS (Италия) внесла изменения в конструкцию затвора выпускаемых ею шаровых кранов. Они вызваны необходимостью устранить любой риск размножения в кранах легионелл – бактерий, которые могут появляться в застойных зонах трубопроводов с теплой водой. Требования усовершенствовать соответствующим образом шаровые краны содержатся в нормативных документах Европейского союза и актах министерств здравоохранения таких стран, как Италия, Германия и др. До 2014 г. исключить возможность застоя воды в шаровых кранах должны были все европейские производители арматуры.

Инженеры ENOLGAS полностью решили данную проблему: дополнительное отверстие в нижней части шарового затвора (рис. 4) обеспечивает постоянную циркуляцию воды в полости между затвором и корпусом крана.

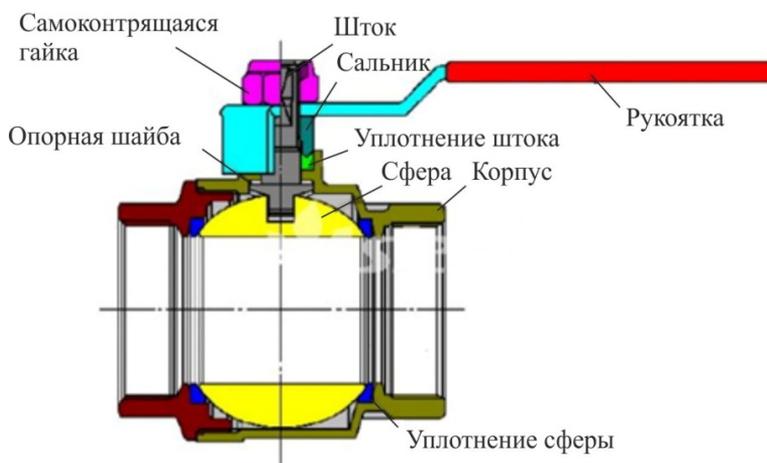


Рис. 4. Конструкция шарового крана

Такая инновация никак не влияет на функциональность крана (в частности, не вызывает риска засорения арматуры, не ускоряет абразивный износ, не повышает гидравлическое сопротивление и уровень шума в кране) и допускается действующим

сертификатом соответствия шаровых кранов ENOLGAS требованиям ГОСТа [17].

Рассмотренные методы и устройства, направленные на борьбу с легионеллами, не гарантирует 100% -го уничтожения микроорганизмов. Однако снижение концентрации в системе будет достигнуто, поэтому доза бактерий, попадающая в организм человека, будет минимальной и не способной вызвать интоксикацию организма.

Следует отметить, что легионеллы присутствуют в системах водоснабжения не всегда, они могут возникнуть под воздействием каких-либо внешних или сопутствующих факторов, поэтому дополнительное обеззараживание воды и устройства, применяемые для улучшения качества воды, являются способами борьбы с возникновением микроорганизмов в системе.

Анализ рассматриваемых устройств представлен в табл. 2.

Рассматриваемые методы и устройства имеют отличную ценовую категорию, что, конечно, влияет на выбор, однако не всегда цена соответствует качеству продукции.

УФ-облучение при большом количестве достоинств имеет немало отрицательных сторон, которые ограничивают его использование. По сравнению с ультразвуком, способным уничтожать лишь некоторые микроорганизмы, метод ультрафиолетового обеззараживания будет приоритетным.

Самым простым и доступным является термическая обработка и установка крана со специальным дополнительным отверстием в нижней части затвора. Температурный режим способен погубить легионелл, но кран не влияет на качество воды, он не способен предотвратить или уничтожить бактерии в воде, но сможет предотвратить образование отложений в месте установки арматуры.

Преследуя цель предотвращения появлений легионелл в системе водоснабжения, необходимо в первую очередь учитывать влияние какого-либо метода на структуру бактерии, насколько неустойчива она будет к воздействию и в какой период времени можно достичь необходимого результата.

Таблица 2

Обобщенная характеристика методов и устройств в борьбе с легионеллами

Метод/ устройство	Воздействие на микроорганизм	Достоинства	Недостатки	Цена, тыс. руб.
Ультрафиолетовое облучение	Необратимые повреждения ДНК, гибель бактерий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая эффективность против широкого спектра патогенных микроорганизмов в воде.</li> <li>2. Минимальные пространные требования к установкам.</li> <li>3. Короткое время обработки сред.</li> <li>4. Отсутствие влияния на вкус и запах чистой воды.</li> <li>5. Минимум побочных продуктов, включая токсичные вещества.</li> <li>6. Относительная безопасность и легкость введения в эксплуатацию.</li> <li>7. Легкость в автоматизации оборудования.</li> <li>8. Возможность внедрения УФ дезинфекции в традиционные системы очистки без их существенного переустройства</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При недостаточной мощности излучения или малой длительности воздействия не все микробы в сточной воде инактивируются.</li> <li>2. Известен механизм репарации, или восстановления ДНК клетки, даже после воздействия УФ-излучения. Репарация клетки может быть как световая (фотореактивация), так и темновая (без доступа света).</li> <li>3. Необходимость организации профилактического обслуживания и контроля загрязнения труб.</li> <li>4. Высокая концентрация взвешенных частиц и мутность воды могут быть причиной низкой эффективности ультрафиолетовой дезинфекции</li> </ol>	4,6–260

Окончание табл. 2

Метод/ устройство	Воздействие на микроорганизм	Достоинства	Недостатки	Цена, тыс. руб.
Ультразвуковая обработка	Первичный эффект действия ультразвука проявляется влиянием на тканевые и внутриклеточные процессы, что повышает проницаемость стенок сосудов, т.е. происходит разрушение клетки микроорганизма	Качественная очистка и нечувствительность к таким факторам, как высокая мутность воды, характер и количество микроорганизмов	1. Сложность и дороговизна обслуживания. 2. Высокая стоимость. 3. Метод позволяет удалять из воды микроорганизмы, вирусы и лишь некоторые химические соединения	5,3–60
Температурный режим	При воздействии высокой температуры, превышающей максимум выносливости микроорганизмов, происходит их отмирание	1. Отсутствие влияния на вкус и запах чистой воды. 2. Минимум побочных продуктов, включая токсичные вещества. 3. Относительная безопасность и легкость введения в эксплуатацию	1. Недостаточный интервал температур для гибели микроорганизмов. 2. Длительное время обработки воды	4–45
Циркуляция систем водоснабжения (кран)	Предотвращение застоя в системе и остывания воды, что снижает риск образования пленки на стенках труб и в местах соединения, а значит, уменьшает вероятность появления бактерий	1. Отсутствие влияния на вкус и запах чистой воды. 2. Минимум побочных продуктов, включая токсичные вещества. 3. Относительная безопасность и легкость введения в эксплуатацию	Профилактическое устройство, не гарантирующее смерть или отсутствие микроорганизмов в системе водоснабжения	0,3–20

Использование дополнительных приквартирных устройств для обеззараживания воды позволит предотвратить размножение легионелл, а также сократить возможность образования биопленок на стенках трубопроводов и обезопасить человека от заражения.

### Библиографический список

1. Поздеев О.К. Медицинская микробиология. – М., 2004. – 768 с.
2. Лысак В.В. Микробиология: учеб. пособие для студ. биолог. спец. – Минск: Изд-во БГУ, 2005. – 263 с.
3. Обоснование микробиологической безопасности снижения температуры горячей воды в системе водоснабжения закрытого типа / Т.И. Карпова, Ю.Е. Дронина, О.В. Мариненко, И.С. Тартаковский. – М., 2015. – 53 с.
4. Легионеллез (Болезнь легионеров) [Электронный ресурс] // Europe lab: сайт. – URL: <http://www.eurolab.ua> (дата обращения: 24.07.2015).
5. Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология. – М.: Учебник, 2003. – 464 с.
6. Экспериментальная плотная питательная среда для культивирования легионелл / Л.С. Катунина, А.А. Курилова, Т.В. Таран, Ю.С. Ковтун, Н.В. Чурикова, А.А. Зуенко // Проблемы особо опасных бактерий. – 2013. – № 1. – С. 88–90.
7. Коротяев А.И., Бабичев С.А. Медицинская микробиология и вирусология: учеб. – СПб.: СпецЛит, 2008. – 436 с.
8. Легионеллез [Электронный ресурс] // Википедия. – URL: <http://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 02.08.2015).
9. Качество водопроводной воды в Перми [Электронный ресурс] // Новогор-Прикамье: сайт. – URL: <http://www.novogor.perm.ru> (дата обращения: 05.08.2015).
10. Ультрафиолет – высокоточное оружие для уничтожения бактерий в воде [Электронный ресурс] // AQVA Expert: сайт. – URL: <http://www.aquaexpert.ru/> (дата обращения: 05.08.2015).
11. Действие ультрафиолетового излучения на микроорганизмы и бактерии [Электронный ресурс] // БИОФАЙЛ: научно-информ. журн. – URL: <http://biofile.ru/> (дата обращения: 08.08.2015).
12. Ультразвук и биологические системы [Электронный ресурс] // Воздействие ультразвука на живые системы: сайт. – URL: <http://u-sonic.ru/> (дата обращения: 13.08.2015).
13. Действие ультразвука на микроорганизмы и отдельные животные и растительные клетки [Электронный ресурс] // Ультразвуковые процессы и аппараты в биологии и медицине: сайт. – URL: <http://www.uzo.matrixplus.ru/> (дата обращения: 18.08.2015).
14. Ультразвуковые лабораторные устройства и промышленные установки «Hielscher»: сайт. – URL: <http://www.ultrazvuc.ru> (дата обращения: 26.08.2015).
15. VESTA Traditional: сайт. – URL: <http://www.vesta-trading.ru/vesta-trading/news.shtml?nws=164> (дата обращения: 25.08.2015).
16. Procomfort: сайт. – URL: <http://procomfort.com.ua> (дата обращения: 25.12.2014).

## References

1. Pozdeev O.K. Meditsinskaya mikrobiologiya [Medical microbiology]. Moscow, 2004. 768 p.
2. Lysak V.V. Mikrobiologiya [Microbiology]. Minsk, 2005. 263 p.
3. Karpova T.I., Dronina Yu.E., Marinenko O.V., Tartakovskij I.S. Obosnovanie mikrobiologicheskoy bezopasnosti snizheniya temperatury goryachej vody v sisteme vodosnabzheniya zakrytogo tipa [Scientific study handbook microbiological safety of lowering the temperature of hot water in the water system of closed type]. Moscow, 2015. 53 p.
4. Legionellez (Bolezn' legionerov) [Legionellosis (Legionnaires' Disease)], available at: <http://www.eurolab.ua> (accessed 24 July 2015).
5. Gusev M.V., Mineeva L.A. Mikrobiologiya [Microbiology]. Moscow, 2003. 464 p.
6. Katunina L.S., Kurilova A.A., Taran T.V., Kovtun Yu.S., Churikova N.V., Zuenko A.A. Eksperimental'naya plotnaya pitatel'naya sreda dlya kul'tivirovaniya legionell [Experimental dense nutrient medium for the cultivation of Legionella]. *Problemy osobo opasnykh bakterij*, 2013, no. 1, pp. 88-90.
7. Korotyaev A.I., Babichev S.A. Meditsinskaya mikrobiologiya i virusologiya [Medical Microbiology and Virology]. Saint Petersburg: SpecLit, 2008. 436 p.
8. Legionellez [Legionellosis], available at: <http://ru.wikipedia.org> (accessed 2 August 2015).
9. Kachestvo vodoprovodnoj vody v Permi [The quality of tap water in Perm], available at: <http://www.novogor.perm.ru> (accessed 5 August 2015).
10. Ul'traiolet – vysokotochnoe oruzhie dlya unichtozheniya bakterij v vode [Ultra-violet – precision weapons to kill bacteria in water]. *AQVA Expert*, available at: <http://www.aquaexpert.ru/> (accessed 5 August 2015).
11. Dejstvie ul'traioletovogo izlucheniya na mikroorganizmy i bakterii [The action of ultraviolet radiation on microorganisms and bacteria]. *Nauchno-informatsionnyi zhurnal BIOFAJL*, available at: <http://biofile.ru/> (accessed 8 August 2015).
12. Ul'trazvuk i biologicheskie sistemy [Ultrasound and biological systems]. *Vozdejstvie ul'trazvuka na zhivye sistemy*, available at: <http://u-sonic.ru/> (accessed 13 August 2015).
13. Dejstvie ul'trazvuka na mikroorganizmy i ot-del'nye zhivotnye i rastitel'nye kletki [The action of ultrasound on microorganisms and individual animal and plant cells]. Ul'trazvukovye protsessy i apparaty v biologii i meditsine, available at: <http://www.uzo.matrixplus.ru/> (accessed 18 August 2015).
14. Ul'trazvukovye laboratornye ustrojstva i promyshlennye ustanovki “Hielscer” [Ultrasonic laboratory devices and industrial installations “Hielscer”], available at: <http://www.ultrazvuc.ru> (accessed 26 August 2015).
15. VESTA Traditional, available at: <http://www.vesta-trading.ru/vesta-trading/news.shtml?nws=164> (accessed 25 August 2015).
16. Procomfort, available at: <http://procomfort.com.ua> (accessed 25 December 2014).

Получено 16.04.2015

**Yu. Bolotova, K. Karelina**

**LEGIONELLA BACTERIA IN THE WATER SYSTEM.  
METHODS OF DEALING WITH PATHOGENS**

The article focuses on the pathogens and their impact on human rights. The problem solved by the negative impact due to the use of specialized equipment for further decontamination. Each of the methods of controlling bacteria in their effect on the parasite cell by special functions. The analysis examined the effectiveness of decontamination devices shows, changing the structure of the organism, as well as the advantages and disadvantages that should guide the choice of equipment.

**Keywords:** water, bacterium, disinfection, ultraviolet, ultrasound, temperature, legionellosis, sediments, water supply system.

***Болотова Юлия Владимировна (Пермь, Россия) – студентка, кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения, водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: BWJyulia@mail.ru).***

***Карелина Кристина Александровна (Пермь, Россия) – студентка, кафедры теплогазоснабжения, вентиляции и водоснабжения, водоотведения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: Karelina\_Kristina93@mail.ru).***

***Bolotova Yulya (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: BWJyulia@mail.ru).***

***Karelina Kristina (Perm, Russian Federation) – Student, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: Karelina\_Kristina93@mail.ru).***