

## Контаминация *Legionella pneumophila* систем горячего водоснабжения зданий общественного назначения, в том числе лечебно-профилактических учреждений

О.В. Садретдинова<sup>1</sup>, О.А. Груздева<sup>2</sup>, Т.И. Карпова<sup>1</sup>,  
Ю.С. Аляпкина<sup>1,3</sup>, Ю.Е. Дронина<sup>1</sup>, В.Г. Фокина<sup>2</sup>, И.С. Тартаковский<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи РАМН, Москва, Россия

<sup>2</sup> ФГУЗ Центр гигиены и эпидемиологии в г. Москве, Москва, Россия

<sup>3</sup> ЗАО «Синтол», Москва, Россия

Целью исследования явилось изучение частоты и уровня контаминации *Legionella pneumophila* систем горячего водоснабжения зданий общественного пользования, в том числе ЛПУ в Московском регионе. Обследованы системы горячего водоснабжения 12 зданий или комплексов зданий общественного пользования в Москве и Московской области, в том числе 7 ЛПУ. Образцы воды, смывов и биопленок исследовали с помощью традиционных бактериологических методов и ПЦР в реальном времени. Выявлен существенный уровень контаминации *L. pneumophila* водных систем на обследованных объектах. Возбудитель обнаружен в «застойных», концевых и редко используемых участках всех систем горячего водоснабжения при сниже-

нии температуры воды до 36–52 °С. Визуальное обнаружение природных биопленок на объекте коррелировало с высокой концентрацией легионелл в водных образцах. В ряде случаев в образцах выявлены ассоциации *L. pneumophila* и *Pseudomonas aeruginosa*, в том числе в воде из системы водоснабжения двух ЛПУ. Полученные результаты подтверждают важность современной концепции профилактики нозокомиального легионеллеза, основанной на мониторинге легионелл в потенциально опасных водных объектах и проведении профилактических мероприятий.

**Ключевые слова:** *Legionella pneumophila*, контаминация, водные системы, биопленки, микробные ассоциации.

## Contamination of Hot Water Supply Systems with *Legionella pneumophila* in Public Buildings and Medical Care Institutions

O.V. Sadretdinova<sup>1</sup>, O.A. Gruzdeva<sup>2</sup>, T.I. Karpova<sup>1</sup>, Yu.S. Alyapkina<sup>1,3</sup>,  
Yu.E. Dronina<sup>1</sup>, V.G. Fokina<sup>2</sup>, I.S. Tartakovskiy<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Epidemiology and Microbiology named after N.F. Gamaleya, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Moscow Center for Hygiene and Epidemiology, Moscow, Russia

<sup>3</sup> «Synthol» Company, Moscow, Russia

The objective of the study was to determine incidence and level of contamination of hot water supply systems with *Legionella pneumophila* in public buildings, including

medical care institutions, in Moscow region. A total of 12 public buildings or building complexes, including 7 medical care institutions, in Moscow and Moscow region were examined. Water samples, object washes, and biofilms were tested using conventional microbiologic methods and real-time PCR. The objects demonstrated significant contamination of water supply systems with *Legionella pneumophila*. This pathogen was found in terminal, and

Контактный адрес:

Игорь Семенович Тартаковский

Эл. почта: itartak@list.ru

rarely used areas in all hot water supply systems when temperature decreased to 36-52°C. Visual detection of natural biofilms on an object correlated to high concentrations of *Legionella* in water samples. In some cases, associations of *L. pneumophila* and *P. aeruginosa* were found in samples, including water samples from water supply systems in two medical care institutions. The

## Введение

Эпидемические вспышки и спорадические случаи легионеллеза обусловлены контаминацией легионеллами потенциально опасных водных объектов с последующим поражением легких человека в результате вдыхания мелкодисперсного водного аэрозоля или аспирации воды, содержащей легионеллы. Наиболее часто эпидемические вспышки легионеллеза за рубежом связаны с контаминацией градирен (водных систем охлаждения) или систем горячего водоснабжения промышленных предприятий, гостиниц, офисных и торговых центров, *лечебно-профилактических учреждений* (ЛПУ). Так, по данным Европейской рабочей группы по легионеллезу (EWGLI), с 2002 по 2007 гг. в европейских странах зарегистрированы 44 эпидемические вспышки, связанные с контаминацией градирен, и 215 эпидемических вспышек и групповых случаев легионеллеза, связанных с контаминацией систем водоснабжения [1–3]. Данные объекты являются предметом регулярного профилактического мониторинга.

В Российской Федерации за последние годы была разработана современная методическая база для выявления легионелл в окружающей среде и внедрены эффективные методы эпиднадзора за легионеллезной инфекцией [4, 5]. Исследования, проводившиеся на Урале во время и после эпидемической вспышки легионеллеза, выявили высокую степень контаминации легионеллами градирен предприятий и системы водоснабжения г. Верхняя Пышма [6]. Однако остается неясным – носит ли столь высокий уровень контаминации легионеллами локальный характер в районе эпидемической вспышки или аналогичная ситуация наблюдается и в других регионах России. Наибольшую эпидемическую значимость представляет контаминация легионеллами систем горячего водоснабжения в отделениях групп риска ЛПУ, так как даже низкая концентрация легионелл представляет опасность для пациентов отделений трансплантации органов, онкологии, интенсивной терапии, реанимации и др. на фоне иммуносупрессивной терапии.

Нами проведено скрининговое обследование систем горячего водоснабжения зданий обществен-

ных результатов этого исследования подтверждает важность современного концепта профилактики нозокомиальной легионеллезной инфекции, который включает мониторинг *Legionella* в потенциально опасных водных объектах и принятие профилактических мер.

**Key words:** *Legionella*, contamination, hot water supply, biofilm.

ного пользования, в том числе ЛПУ, в Москве и Московской области с целью определения частоты и количественного уровня их контаминации *Legionella pneumophila*. В процессе исследования разработан порядок обследования, позволяющий выявлять контаминированные легионеллами участки и зоны потенциально опасных водных объектов.

## Материалы и методы

В работе исследовали образцы воды, смывов и биопленок систем горячего водоснабжения объектов общественного назначения Москвы и Московской области, в том числе ЛПУ, обследованных в 2008–2010 гг. на предмет их контаминации *Legionella pneumophila*.

Всего обследовано 12 систем горячего водоснабжения зданий или комплекса зданий общественного пользования (2 торговых центра, 1 офисный центр, 2 гостиницы, 7 ЛПУ – 5 больниц и 2 поликлиники).

Для исследования уровня контаминации *Legionella pneumophila* систем горячего водоснабжения были выбраны здания или комплексы зданий с централизованной системой холодного водоснабжения. Горячее водоснабжение объектов обеспечивалось нагреванием холодной воды в калориферах бойлерной до температуры 58–65 °С. Отбор проб воды и смывов осуществляли в «застойных», концевых и редко используемых участках системы горячего водоснабжения объекта. Исследовали образцы воды объемом 500–1000 мл и смывы с внутренней поверхности труб, сеток душа, водопроводных кранов.

Образцы воды, биопленок, смывов из систем горячего водоснабжения исследовали в соответствии с МУК 4.2.2217-07 «Выявление бактерий *Legionella pneumophila* в объектах окружающей среды» [4] с помощью бактериологического метода на среде BCYE и набора для латекс-агглютинации SLIDEX (BioMerieux, Франция) и ПЦР в реальном времени с использованием тест-системы для количественного выявления *Legionella pneumophila* АМПИ-ЛЕГ-РВ (ЗАО «Синтол») [7].

## Результаты исследований

Контаминация *Legionella pneumophila* выявлена в «застойных», концевых или редко используе-

Таблица 1. Уровень контаминации *Legionella pneumophila* систем горячего водоснабжения ЛПУ

Номер объекта	Концентрация <i>L. pneumophila</i> , КОЕ/л		Температура горячей воды, °С		Количество участков системы водоснабжения объекта, контаминированных <i>L. pneumophila</i>	Присутствие в воде <i>P. aeruginosa</i>
	минимальная	максимальная	максимальная	минимальная		
1	$1,2 \times 10^2$	$8,4 \times 10^3$	58	42	2	–
2	–	$3,6 \times 10^5$	60	36	1	–
3	–	$8,4 \times 10^4$	60	45	1	+
4	$6 \times 10^2$	$1,2 \times 10^5$	58	42	3	–
5	–	$2 \times 10^2$	60	44	1	–
6	–	$1,2 \times 10^2$	58	45	1	–
7	–	$6 \times 10^2$	58	44	1	+

Таблица 2. Уровень контаминации *Legionella pneumophila* систем горячего водоснабжения других зданий общественного пользования

Номер объекта	Концентрация <i>L. pneumophila</i> , КОЕ/л		Температура горячей воды, °С		Количество участков системы водоснабжения объекта, контаминированных <i>L. pneumophila</i>	Присутствие в воде <i>P. aeruginosa</i>
	минимальная	максимальная	максимальная	минимальная		
1	$1,3 \times 10^2$	$3,6 \times 10^4$	57	36	2	–
2	– *	$2,8 \times 10^4$	56	42	1	–
3	$6 \times 10$	$3,6 \times 10^3$	61	46	3	–
4	–	$1,8 \times 10^3$	65	52	1	–
5	$3,1 \times 10^2$	$3,4 \times 10^4$	57	36	5	+

Примечание. \* – возбудитель обнаружен в одном участке системы водоснабжения

мых участках системы горячего водоснабжения во всех 12 обследованных объектах (табл. 1 и 2): в воде или смыве душевого рожка – 15 положительных образцов, в воде или смывах из водопроводных кранов – 10, непосредственно на выходе из бойлерной – 3 образца. Концентрация *Legionella pneumophila* в положительных пробах составляла от  $610$  до  $3,6 \times 10^5$  КОЕ (геномных копий) на 1 л воды. Концентрация возбудителя, превышающая  $10^3$  КОЕ/л выявлена на 9 объектах. Среди выделенных изолятов 34% относились к *L. pneumophila* серогруппы 1, 66% – к другим серогруппам *L. pneumophila*. В 19% положительных проб были выделены изоляты нескольких серогрупп *L. pneumophila*, в том числе серогруппы 1.

По степени колонизации *L. pneumophila* объекты могут быть разделены на две группы: первая – 7 объектов, на которых выявлен только 1 участок, контаминированный возбудителем; вторая – 5 объектов, на которых выявлено от 2 до 5 контаминированных участков, т. е. колонизация носит системный характер. Среди ЛПУ 5 объектов относились к первой группе и 2 – ко второй. Максимальная

температура нагрева воды в калорифере бойлерной составляла  $56-60^\circ\text{C}$  на 10 объектах,  $61^\circ\text{C}$  и  $65^\circ\text{C}$  – по 1 объекту. Из систем водоснабжения 2 ЛПУ, помимо легионелл, были выделены изоляты *Pseudomonas aeruginosa*, в одной из систем ЛПУ выделены изоляты *Staphylococcus* spp. Из 52 положительных проб корреляция результатов ПЦР в реальном времени и бактериологического метода определения легионелл отмечалась в 90,4% случаев. В 2 случаях наблюдали ингибицию ПЦР при положительном результате бактериологического анализа, в 3 пробах положительные результаты ПЦР не были подтверждены бактериологически.

### Обсуждение результатов

Частота контаминации систем горячего водоснабжения на обследованных объектах составила 100%, что превышает частоту контаминации зданий общественного пользования за рубежом, где она составила 42–64% [8, 9]. Принципиально важным представляется то обстоятельство, что на всех объектах второй группы отсутствовала централизованная подача горячей воды, температура которой в

соответствии с действующим СанПин 2.1.4.2496-09 должна составлять 60–75 °С на выходе, т. е. когда вода нагревается до температуры, исключающей размножение или сохранение легионелл. Однако для современных зданий или комплексов зданий общественного пользования в нашей стране более распространенным является другой тип горячего водоснабжения. Холодная вода из централизованной системы поступает в калориферы местной бойлерной, где нагревается до температуры около 60 °С. Соответственно в концевых, застойных и редко используемых участках системы горячего водоснабжения температура воды составляет 35–50 °С, что благоприятно для размножения легионелл и объясняет столь высокую частоту контаминации.

*Legionella pneumophila* является природным водным микроорганизмом, не представляющим опасности для здорового человека в низкой концентрации. Полной элиминации легионелл из потенциально опасных водных систем добиться практически невозможно. Даже после мощных дезинфекционных мероприятий через определенные промежутки времени легионеллы, как правило, снова выявляются в системах [1, 2]. В странах ЕЭС, США и Японии введены допустимые концентрации *Legionella pneumophila* для различного типа водных систем или объектов [3]. Так, для градирен допускается эксплуатация при концентрации возбудителя, не превышающей 10<sup>4</sup> КОЕ/л; для систем водоснабжения – 10<sup>3</sup> КОЕ/л; для джакузи массового пользования – 10<sup>2</sup> КОЕ/л. В данном исследовании превышение допустимого за рубежом уровня контаминации *L. pneumophila* выявлено в 5 (41%) из 12 систем горячего водоснабжения зданий общественного пользования (в данном случае учитывались уровень контаминации + системный характер колонизации).

Особняком стоит ситуация в отделениях групп риска ЛПУ – трансплантологии, онкологии, интенсивной терапии и хирургии, а также в домах престарелых. Для данных контингентов рекомендуется полностью исключить возможность контакта с контаминированной легионеллами водой [5, 8, 10]. С этой целью за рубежом в последние годы разработаны методические подходы, обеспечивающие безопасность пациентов групп риска в отношении микроорганизмов, способных к колонизации систем водоснабжения [10, 11]. Причем это касается не только легионелл, но и *Pseudomonas aeruginosa* – водного микроорганизма, также способного к образованию биопленок. Удельный вес

вспышек нозокомиальной инфекции, обусловленных контаминацией водопроводной и иной воды в ЛПУ *P. aeruginosa* в мире постоянно растет [12, 13]. В отечественной практике профилактики нозокомиальных инфекций данному аспекту проблемы до настоящего времени не уделялось должного внимания.

Полученные результаты подтверждают значение реализуемой в нашей стране концепции профилактики легионеллеза, основанной на регулярном количественном мониторинге возбудителя в потенциально опасных водных объектах и проведении профилактических мероприятий в случае превышения допустимого уровня контаминации [5]. Важное значение при обследовании достаточно крупных технических объектов, в которых циркулируют большие объемы воды, приобретает порядок обследования и выбор мест забора проб. По всей видимости, формирование биопленок является основным фактором, обеспечивающим эпидемически значимый уровень микробиологической контаминации системы [14]. Можно предположить, что образование биопленок имеет место и внутри «застойных», концевых и редко используемых участков системы горячего водоснабжения при температуре ниже 50 °С. Внутренняя поверхность данных участков труб была недоступна в процессе исследования, но 100% частота их колонизации, выявленная на основании анализа воды и смывов, при отсутствии легионелл в других участках системы водоснабжения, указывает на образование локальной биопленки. Выбор соответствующих мест и точек отбора важен для анализа эпидемиологической ситуации и проведения профилактических мероприятий.

Из некоторых исследованных образцов воды, биопленок и смывов, наряду с *L. pneumophila* выделены изоляты других условно-патогенных микроорганизмов, в том числе *P. aeruginosa*. Если ассоциация *L. pneumophila* и *P. aeruginosa* в системах водоснабжения большинства общественных зданий не представляет опасности, то в отделениях групп риска ЛПУ ассоциации данных микроорганизмов в воде или биопленке могут быть причиной нозокомиальных пневмоний в результате аспирации воды [3, 10]. Поэтому комплекс профилактических мероприятий по микробиологическому контролю и обеспечению безопасности водных систем в ЛПУ должен быть направлен на профилактику не только нозокомиального легионеллеза, но и более широкого спектра нозокомиальных инфекций.

## Литература

1. Тежежникова Н.Д., Тартаковский И.С. Легионеллезная инфекция. М. Медицина. 2007.
2. Тартаковский И.С. Мониторинг и контроль потенциально опасных водных объектов как основной путь профилактики легионеллеза. Вода: химия и экология 2009; 2:28-35.
3. Ricketts K.D., Joseph C., Lee J., Wewalka G. Survey on legislation regarding wet cooling systems European countries. Eurosurveillance 2008; 13:373-7.
4. Методические указания «Выявление бактерий *Legionella pneumophila* в объектах окружающей среды». МУК 4.2.22-17-07.М., 2007.
5. Онищенко Г.Г., Демина Ю.В., Тартаковский И.С. Современная концепция организации эпидемиологического надзора за легионеллезной инфекцией. Журн микробиол 2009; 5:85-91.
6. Воронина О.Л., Кунда М.С., Биткина В.В. и соавт. Анализ распространения и изменчивости штаммов *Legionella pneumophila* и *Legionella* spp. на основе изучения аллельных профилей. Журн микробиол 2009; 6:17-21.
7. Аляпкина Ю.С., Дронина Ю.Е., Карпова Т.И. и соавт. Применение ПЦР в реальном времени для выявления легионелл в объектах окружающей среды. Журн микробиол 2009; 2:75-80.
8. Legionella and the prevention of legionellosis. WHO. 2007.
9. Zaheus O.M., Martikainen P. Effect of heat flushing on the concentrations of *Legionella pneumophila* and other heterotrophic microbes in hot water systems of apartment buildings. Canadian J Microbiol 1996:811-18.
10. Kunzel S. *Legionella* in drinking water: prevention and control possibilities. J Med Life Science filtration 2004; (suppl.1):57-62.
11. Sabria M., Pedro-Botet M., Gomez J., et al. Environmental cultures and hospital-acquired Legionnaires' disease: a 5-year prospective study in 20 hospitals in Catalonia, Spain. Infect Control Hosp Epidemiol 2004; 25:1072-6.
12. Rogues A., Boulestreau H. Contribution of tap water to patient colonization with *Pseudomonas aeruginosa* in a medical intensive care unit. J Hosp Infect 2007; 67:72-8.
13. Eckmanns T., Oppert M., Martin M., et al. An outbreak of hospital-acquired *Pseudomonas aeruginosa* infection caused by contamination bottled water in intensive care unit. Clin Microbiol Infect 2008; 10:1-5.
14. Карпова Т.И., Дронина Ю.Е., Тартаковский И.С. и соавт. Природные биопленки легионелл и их роль в эпидемиологии инфекции, методы изучения и моделирования. Журн микробиол 2008; 2:13-16.