

DOI: 10.21055/0370-1069-2020-4-53-58

УДК 616.9:615.28

В.Г. Германчук, А.П. Семакова, О.А. Лобовикова, М.В. Гордеева, Н.Ю. Шавина, К.М. Морозов,
З.Л. Девдариани, Н.П. Миронова**ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТАНОВКИ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ «СТЕРИУС 60»
ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОБЪЕКТОВ, КОНТАМИНИРОВАННЫХ ПБА I–IV ГРУПП,
ПРИ РАБОТЕ С ИНФИЦИРОВАННЫМИ БИОМОДЕЛЯМИ**

ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб», Саратов, Российская Федерация

Целью настоящего исследования являлась оценка эффективности использования микроволновой системы обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60» (Россия) для деконтаминации объектов, инфицированных ПБА I–IV групп, образующихся в результате работы с инфицированными лабораторными животными. **Материалы и методы.** Проверку эффективности обеззараживания биологических отходов, образующихся в результате жизнедеятельности лабораторных животных, СВЧ-излучением проводили в микроволновой системе для обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60», рекомендуемой производителем для обеззараживания эпидемиологически опасных и чрезвычайно эпидемиологически опасных медицинских отходов, в том числе биологических (классы Б и В), путем объемного СВЧ-нагрева. В качестве обеззараживаемых отходов вивария использовались тушки неинфицированных лабораторных животных (белых мышей, морских свинок, кроликов-сосунков), гранулированные корма и подстилочный материал (древесная стружка), являющиеся объектами, непосредственно контактирующими с биомоделями. В качестве модельных тест-микроорганизмов использовали: *Bacillus subtilis* ВКМ В-911, *Bacillus stearothermophilus* ВКМ В-718, *Bacillus licheniformis* G ВКМ В-1711-Д, *Alcaligenes faecalis* 415, *Yersinia pestis* EV, *Bacillus anthracis* СТИ. Как макетный наполнитель камеры для модельных тест-микроорганизмов применялась лабораторная посуда (пластиковые чашки Петри, фарфоровые ступки и пестики). **Результаты и обсуждение.** В результате исследования получены данные, указывающие, что микроволновая система обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60» неэффективна для обеззараживания биологических отходов в лабораториях, проводящих работы с биомоделями, инфицированными ПБА I–II групп. Установленный стандартный режим обеззараживания данной системы в отношении микроорганизмов III–IV групп патогенности оказался эффективным только для неспорных форм. Поэтому, на наш взгляд, целесообразно ее использование для деконтаминации лабораторной посуды, инфицированной ПБА III–IV групп, непосредственно в местах образования отходов.

Ключевые слова: микроволновая система обеззараживания медицинских отходов, СВЧ-излучение, биологические отходы, биологическая безопасность, патогенные биологические агенты I–IV групп, лабораторные животные.

Корреспондирующий автор: Германчук Валерий Геннадьевич, e-mail: rusrap@microbe.ru.

Для цитирования: Германчук В.Г., Семакова А.П., Лобовикова О.А., Гордеева М.В., Шавина Н.Ю., Морозов К.М., Девдариани З.Л., Миронова Н.П. Эффективность установки СВЧ-излучения «Стериус 60» для обеззараживания объектов, контаминированных ПБА I–IV групп, при работе с инфицированными биомоделями. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2020; 4:53–58. DOI: 10.21055/0370-1069-2020-4-53-58

Поступила 06.05.20. Отправлена на доработку 20.05.20. Принята к публ. 26.06.20.

V.G. Germanchuk, A.P. Semakova, O.A. Lobovikova, M.V. Gordeeva, N.Yu. Shavina, K.M. Morozov,
Z.L. Devdariani, N.P. Mironova**Effectiveness of the “Sterius 60” SHF Radiation Installation for Disinfection of Objects Contaminated with PBA of Groups I–IV, when Working with Infected Biomodels**

Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”, Saratov, Russian Federation

Abstract. The aim was to evaluate the effectiveness of using the “Sterius 60” microwave disinfection system (Russia) for decontamination of objects infected with PBA of groups I–IV emerging as a result of working with infected laboratory animals. **Materials and methods.** Effectiveness verification of disinfection of biological waste generated as a result of the life of laboratory animals by SHF radiation was carried out in the microwave system “Sterius 60”, recommended by the manufacturer for disinfection of epidemiologically hazardous and extremely dangerous medical waste, including biological ones (classes B and C), by volumetric SHF heating. Carcasses of uninfected laboratory animals (white mice, Guinea pigs, suckling rabbits), granulated feed and bedding material (wood shavings), which are objects directly in contact with biomodels, were used as vivarium waste to be decontaminated. The following microorganisms were utilized as model test ones: *Bacillus subtilis* VKM B-911, *Bacillus stearothermophilus* VKM B-718, *Bacillus licheniformis* G VKM B-1711-D, *Alcaligenes faecalis* 415, *Yersinia pestis* EV, *Bacillus anthracis* STI. Laboratory utensils (plastic Petri dishes, porcelain mortars and pestles) were used as a mock-up filler for model test microorganisms. **Results and discussion.** As a result of the study, data were obtained indicating that the microwave system for disinfection of medical waste “Sterius 60” is ineffective for decontamination of biological waste in laboratories working with biomodels infected with PBA of groups I–II. The established standard mode of disinfection of this system was effective only for non-spore forms of microorganisms, pathogenicity groups III–IV. Therefore, in our opinion, it is advisable to use it for decontamination of laboratory utensils infected with PBA of groups III–IV, directly at sites of waste generation.

Keywords: microwave disinfection system for medical waste, SHF radiation, biological waste, biological safety, pathogenic biological agents of groups I–IV, laboratory animals.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Corresponding author: Valery G. Germanchuk, e-mail: rusrapi@microbe.ru.

Citation: Germanchuk V.G., Semakova A.P., Lobovikova O.A., Gordeeva M.V., Shavina N.Yu., Morozov K.M., Devdariani Z.L., Mironova N.P. Effectiveness of the "Sterius 60" SHF Radiation Installation for Disinfection of Objects Contaminated with PBA of Groups I–IV, when Working with Infected Biomodels. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2020; 4:53–58. (In Russian). DOI: 10.21055/0370-1069-2020-4-53-58
Received 06.05.20. Revised 20.05.20. Accepted 26.06.20.

Germanchuk V.G., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8986-3640>

Semakova A.P., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9614-1278>

Gordeeva M.V., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3726-810X>

Shavina N.Yu., ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4206-7559>

Morozov K.M., ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5727-0042>

Обеспечение биологической безопасности в лаборатории при выполнении диагностической, производственной и экспериментальной работы достигается строгим выполнением системы организационных, медико-биологических и инженерно-технических мероприятий и средств, направленных на защиту работающего персонала, населения и среды обитания человека от воздействия ПБА [1–4].

Ключевое место в системе биологической безопасности отводится обеззараживанию твердых и жидких контаминированных отходов, исключая тем самым возможность загрязнения объектов окружающей среды [5–7].

Работа в лабораториях с экспериментальными животными, инфицированными ПБА, сопряжена с повышенными рисками заражения экспериментатора и контаминации окружающей среды. В ряде случаев это связано с непредсказуемостью поведения животных при проведении различных манипуляций. В процессе работы с зараженными лабораторными животными образуются контаминированные продукты их жизнедеятельности (подстилочный материал, корма, вода, фекалии и т.д.) [8, 9]. Образующиеся отходы в результате жизнедеятельности лабораторных животных, инфицированных ПБА III–IV групп, относят к классу Б (представляющие эпидемиологическую опасность), биологические отходы ПБА I–II групп относят к классу В (чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы) СанПиН 2.1.7.2790-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к обращению с медицинскими отходами».

При выборе методов обеззараживания твердых отходов, образующихся в результате жизнедеятельности лабораторных животных, инфицированных ПБА I–IV групп, при выполнении диагностической, производственной и экспериментальной работы, важными вопросами являются их эффективность и безопасность. В соответствии с Санитарно-эпидемиологическими правилами «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)» СП 1.3.3118-13 обеззараживание таких отходов осуществляется физическими способами – автоклавирование с использованием влажного пара при температуре и добавочного давления, СВЧ-излучение, а также химическими – применение различных дезинфицирующих веществ, зарегистрированных в Российской Федерации [10–12].

Для утилизации медицинских отходов ВОЗ рекомендует использовать аппаратные способы [13, 14].

В последнее время для обеззараживания медицинских отходов классов Б и В в Российской Федерации используют различные аппаратные технологии. Например, метод химической дезинфекции с измельчением. Такой метод способствует более полному проникновению дезинфектанта в толщу отходов, повышая надежность и эффективность обеззараживания и существенно уменьшая его объемы и удаляемых обработанных отходов (установка «СТРИМЕД»). Существующий метод термической технологии основан на применении процесса протеинового лизиса во влажном жаре (установка Newster-10). В медицинских учреждениях активно используется технология СВЧ-излучения, которая эффективна и оказывает бактерицидное и спороцидное действие на широкий спектр микроорганизмов (СВЧ-установка УОМО-01/150-«О-ЦНТ») [15, 16].

Актуальность данного исследования обусловлена тем, что в настоящее время технология СВЧ-излучения одобрена в большинстве стран. Простота установки в подключении и эксплуатации, низкие капитальные и эксплуатационные затраты, возможность установки в небольшом (сравнительно с другими аппаратами) помещении на месте выполнения работ, сделали ее довольно популярной. Однако до настоящего времени в нормативных документах отсутствуют утвержденные режимы обеззараживания при работе с ПБА I–II групп. Возможности использования технологии СВЧ-излучения для обеззараживания отходов, образующихся в результате жизнедеятельности лабораторных животных, контаминированных возбудителями ПБА I–IV групп, до конца не изучены [17, 18].

В методических рекомендациях производителем микроволновой системы обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60» определены виды отходов, разрешенных к обработке в системе. В их число входят и биологические отходы [19, 20].

Перед нами стояла задача поэтапного изучения работы микроволновой системы обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60», используя при этом макетный наполнитель камеры для модельных тест-микроорганизмов, биологические отходы виария (тушки лабораторных животных), гранулированные корма и подстилочный материал (древесная стружка), являющиеся объектами, непосредственно контактирующими с биомоделями, ПБА.

Цель исследования – оценка эффективности использования микроволновой системы обеззара-

живания медицинских отходов «Стериус 60» для де-контаминации объектов, инфицированных ПБА I–IV групп, образующихся в результате работы с инфицированными лабораторными животными.

Материалы и методы

Проверку эффективности деконтаминации биологических отходов, образующихся в результате жизнедеятельности лабораторных животных, СВЧ-излучением проводили в микроволновой системе для обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60», предназначенной для обеззараживания эпидемиологически опасных и чрезвычайно эпидемиологически опасных медицинских отходов (классы Б и В) путем объемного СВЧ-нагрева.

Микроволновая система «Стериус 60» работает в запрограммированном режиме управления с нагреванием отходов до температуры $(98 \pm 2)^\circ\text{C}$ и выдерживанием данной температуры обеззараживания в течение 30 минут. Частота электромагнитного излучения – 2450 МГц, мощность – 1800 Вт. Деконтаминация отходов проводится в автоматическом режиме, программное обеспечение не позволяет осуществлять выбор параметров работы системы. Контроль процесса обеззараживания осуществляется двумя независимыми датчиками температуры, что позволяет отказаться от использования одноразовых индикаторов температуры. Программа автоматически учитывает объем и температуру загруженных отходов, что отображается на ЖК-дисплее в режиме реального времени. По окончании цикла обеззараживания автоматически распечатывается чек-наклейка с данными о времени, дате, температуре, организации, проводившей дезинфекцию. Чек распечатывается в двух экземплярах, один из которых заносится в журнал учета, второй наклеивается на пакет с отходами. Система укомплектована контейнером объемом 60 литров для обеззараживания 25 кг медицинских отходов за 1 цикл и системой автоматической подачи воды.

При проведении исследований в качестве обеззараживаемых отходов использовались следующие неконтаминированные тест-объекты: биологические отходы вивария (тушки лабораторных животных: белых мышей, морских свинок, кроликов-сосунков), гранулированные корма и подстилочный материал (древесная стружка), лабораторная посуда (пластиковые чашки Петри, фарфоровые ступки и пестики).

Тест-штаммы микроорганизмов: *Bacillus subtilis* ВКМ В-911, *Bacillus stearothermophilus* ВКМ В-718, *Bacillus licheniformis* G ВКМ В-1711-Д, *Alcaligenes faecalis* 415, *Yersinia pestis* EV, *Bacillus anthracis* СТИ.

Результаты и обсуждение

На первом этапе исследований для проверки работоспособности микроволновой системы обез-

зараживания медицинских отходов «Стериус 60» в качестве макетного наполнителя контейнера для отходов использовалась чистая лабораторная посуда (пластиковые чашки Петри 90 мм и ступки и пестики фарфоровые). Цикл обеззараживания завершен успешно (табл. 1).

Для дальнейших испытаний взяты неинфицированные тест-объекты: корма гранулированные, подстилочный материал, тушки лабораторных животных. Тест-объекты помещали в специальный, предназначенный для обеззараживания отходов в СВЧ-установках одноразовый пакет желтого цвета, предварительно размещенный в контейнере. Края пакета равномерно загибали по периметру контейнера. Заполненный на 2/3 контейнер закрывали крышкой с помощью четырех винтов, помещали в СВЧ-установку и запускали режим обеззараживания. Обеззараживание тест-объектов проводилось трехкратно. В результате во всех случаях система автоматически прекращала работу с выдачей чека о незавершении цикла обеззараживания тест-объекта, режим выполнения – менее 65 %. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Дальнейшую оценку эффективности работы установки СВЧ «Стериус 60» проводили с применением непатогенных и патогенных микроорганизмов III–IV групп. Результаты представлены в табл. 3.

На начальном этапе для этих целей использовали коммерческие биологические индикаторы для контроля режимов паровой стерилизации, содержащие грамположительные спорообразующие почвенные бактерии: индикатор «Биостер пар 112/10» в концентрации $5 \cdot 10^3 - 5 \cdot 10^4$ спор *B. subtilis* ВКМ В-911, «Биостер пар 126/45» – $5 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^5$ *B. stearothermophilus* ВКМ В-718 и «Биостер пар 132/45» – $5 \cdot 10^6 - 5 \cdot 10^7$ спор *B. stearothermophilus* ВКМ В-718. Индикаторы такого типа являются автономными, представляют собой полужесткую полимерную пробирку со спорами и легко ломающуюся стеклянную ампулу с цветной питательной средой. Индикаторы помещали на дно контейнера среди макетного наполнителя (ступки и пестики фарфоровые). Микроволновая установка обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60» производила работу в программном режиме управления, на выдан-

Таблица 1 / Table 1

Результаты обеззараживания макетных тест-объектов

Results of decontamination of mock-up test objects

Наименование тест-объектов Test object	Результаты по выдаваемому чеку Check receipt
Лабораторная посуда (пластиковые чашки Петри 90 мм) Laboratory utensils (plastic Petri dishes 90 mm)	Обеззараживание завершено успешно Decontamination is successfully completed
Лабораторная посуда (ступки и пестики фарфоровые) Laboratory utensils (porcelain mortars and pestles)	Обеззараживание завершено успешно Decontamination is successfully completed

Таблица 2 / Table 2

Результаты обеззараживания неинфицированных тест-объектов
Results of decontamination of non-infected test objects

Наименование тест-объектов Test object	Результаты по выдаваемому чеку Check receipt
Корма гранулированные Granulated feed (kibble)	Обеззараживание не завершено, экспозиция менее 65 %. Система автоматически прекратила работу Decontamination is not completed; exposition is less than 65 %. The system automatically terminated its work
Подстилочный материал Bedding material	Обеззараживание не завершено, экспозиция менее 65 %. Система автоматически прекратила работу Decontamination is not completed; exposition is less than 65 %. The system automatically terminated its work
Подстилочный материал, смоченный 3 % раствором перекиси водорода Bedding material wetted with 3 % hydrogen peroxide solution	Обеззараживание не завершено, экспозиция менее 65 %. Система автоматически прекратила работу Decontamination is not completed; exposition is less than 65 %. The system automatically terminated its work
Тушки лабораторных животных (белые мыши, морские свинки, кролики-сосунки) Carcasses of laboratory animals (white mice, Guinea pigs, suckling rabbits)	Обеззараживание не завершено, экспозиция менее 65 %. Система автоматически прекратила работу Decontamination is not completed; exposition is less than 65 %. The system automatically terminated its work

ных чеках отражено успешное завершение процесса обеззараживания. По окончании процесса индикаторы помещали в термостат для контроля эффективности деконтаминации. Через 48 часов инкубирования наблюдали за изменением цвета питательной среды биологических индикаторов. Режим обеззараживания был эффективен только в отношении *B. subtilis* ВКМ В-911. *B. stearothermophilus* ВКМ В-718, входящий в состав индикаторов в более высоких концентрациях, являющийся более устойчивым термофильным микроорганизмом, сохранил свою жизнеспособность.

Аналогичное исследование проводилось с биологическими индикаторами для контроля воздушной стерилизации, содержащими $8 \cdot 10^2$ спор

B. licheniformis G ВКМ В-1711-Д, нанесенных на носитель (флакон из трубки стеклянной для антибиотиков *ФО 10-НС-1А*). Флакон упакован в крафт-бумагу. Флаконы в каждом эксперименте размещали в вертикальном положении, среди макетного материала в каждом углу и центре контейнера. В следующей серии экспериментов в каждый флакон через крафт-бумагу стерильным шприцем вводили 1 мл стерильной дистиллированной воды для получения жидкой среды, способствующей более эффективно процессу разрушения спорных форм возбудителей путем объемного СВЧ-нагрева. На выданных чеках зарегистрировано, что обеззараживание завершено успешно. По окончании процесса обеззараживания во флаконы с тест-культурой вносили бульон

Таблица 3 / Table 3

Результаты обеззараживания тест-микроорганизмов
Results of neutralization of test-microorganisms

Тест-микроорганизмы Test-microorganism	Результаты обеззараживания по выдаваемому чеку Check receipt	Результаты микробиологических исследований эффективности обеззараживания Results of microbiological investigations on the effectiveness of decontamination
<i>B. subtilis</i> ВКМ В-911	Обеззараживание завершено успешно Neutralization is successfully completed	Фиолетовый цвет питательной среды свидетельствует об отсутствии роста тест-культуры, обеззараживание эффективно Violet color of nutrient medium is an evidence of lack of test-culture growth, the neutralization is successful
<i>B. stearothermophilus</i> ВКМ В-718	Обеззараживание завершено успешно The neutralization is successful	Помутнение питательной среды свидетельствует о росте тест-культуры, обеззараживание неэффективно Turbidity of nutrient medium is an evidence of test-culture growth, the neutralization failed
<i>B. licheniformis</i> G ВКМ В-1711-Д	Обеззараживание завершено успешно The neutralization is successful	Помутнение питательной среды свидетельствует о росте тест-культуры, обеззараживание неэффективно Turbidity of nutrient medium is an evidence of test-culture growth, the neutralization failed
<i>A. faecalis</i> 415	Обеззараживание завершено успешно The neutralization is successful	Рост тест-культуры отсутствовал, обеззараживание эффективно No test-culture growth, decontamination is effective
<i>Y. pestis</i> EV	Обеззараживание завершено успешно The neutralization is successful	Рост тест-культуры отсутствовал, обеззараживание эффективно No test-culture growth, decontamination is effective
<i>B. anthracis</i> СТИ	Обеззараживание завершено успешно The neutralization is successful	Рост тест-культуры отсутствовал, обеззараживание эффективно No test-culture growth, decontamination is effective

Хоттингера с добавлением 0,5 % глюкозы. Во всех экспериментах в исследуемых образцах после инкубации наблюдалось помутнение питательной среды, свидетельствующее о росте тест-культуры и неэффективности работы испытываемой СВЧ-установки «Стериус 60».

Далее в качестве объекта для изучения эффективности обеззараживания применяли грамотрицательные условно-патогенные бактерии *A. faecalis* 415. Пробирки с культурой *A. faecalis* 415 на тиогликолевой среде помещали на дно контейнера среды макетного наполнителя. По окончании процесса обеззараживания *A. faecalis* 415 пересеивали на агар Хоттингера с рН (7,2±0,1). После инкубации в течение 24 часов рост культуры отсутствовал.

На завершающем этапе для исследования использовали вакцинные штаммы возбудителей особо опасных инфекций, относящиеся к III группе патогенности. Взвесь агаровой культуры *Y. pestis* EV в концентрации $1,0 \cdot 10^9$ м.к./мл и взвесь споровой формы *B. anthracis* СТИ концентрацией $1,1 \cdot 10^8$ спор/мл, приготовленные по отраслевому стандартному образцу мутности 10 единиц ФГБУ «НЦЭСМП» (ОСО 42-28-59-85П), размещали в контейнере установки, как было описано ранее. По завершении процесса инактивации производили высев *Y. pestis* EV на бульон и агар Хоттингера, рН (7,2±0,1); *B. anthracis* СТИ – на бульон и агар Хоттингера, рН (7,4±0,1), и агар Хоттингера, рН (7,4±0,1), с добавлением 5 % дефибрированной крови барана. После инкубации посевов в течение 48 ч при температуре 28 и 37 °С рост культур отсутствовал, что свидетельствовало об эффективности работы испытываемой СВЧ-установки.

Проведенная оценка эффективности использования микроволновой системы обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60» для деконтаминации объектов, инфицированных ПБА I–IV групп, в том числе биологических отходов вивария, образующихся в результате работы с инфицированными лабораторными животными, позволила сделать следующие выводы.

В результате нескольких серий экспериментов по обеззараживанию биологических отходов вивария, таких как тушки лабораторных животных, подстилочный материал, гранулированные корма, установлено, что предложенная производителем «Стериус 60» единая программа инактивации медицинских отходов не обеспечивает проведения цикла обеззараживания данного вида материала.

Оценка эффективности работы установки «Стериус 60» с использованием биологических индикаторов для контроля режимов стерилизации медицинских изделий и медицинских отходов с различной микробной нагрузкой показала, что установленный режим инактивации не обеспечивает гибели спорных тест-микроорганизмов *B. stearothermophilus* ВКМ 718 и *B. licheniformis* G ВКМ В-1711-Д, входящих в состав индикаторов. Однако в отношении лабораторной посуды, инфицированной неспоровыми

микроорганизмами *A. faecalis* 415, *Y. pestis* EV и споровыми микроорганизмами *B. subtilis* ВКМ В-911, *B. anthracis* СТИ, показана ее эффективность.

Особого внимания требуют вопросы обеспечения биологической безопасности при работе с ПБА I–II групп в системе обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60», связанные с обеззараживанием конденсата, отходящего воздуха и нестабильностью работы микроволновой установки при проведении обеззараживания инфицированного материала. Образующийся в рабочей камере конденсат сливается из микроволновой системы в открытую емкость в течение всего цикла обеззараживания, а не после его завершения. Фильтрация технологического воздуха угольным фильтром производится без противоаэрозольного компонента, что потенциально может привести к выбросу ПБА в случае аварийной ситуации – отказа оборудования. В связи с выявленными проблемами невозможно проведение экспериментов по изучению эффективности обеззараживания в отношении микроорганизмов I–II групп патогенности, в том числе инфицированных биологических отходов.

Таким образом, данную микроволновую систему обеззараживания медицинских отходов «Стериус 60» целесообразно использовать для деконтаминации лабораторной посуды, инфицированной ПБА III–IV групп патогенности неспоровых форм, непосредственно в местах образования отходов.

Конфликт интересов. Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

Список литературы

1. Онищенко Г.Г., Смоленский В.Ю., Ежлова Е.Б., Демина Ю.В., Топорков В.П., Топорков А.В., Ляпин М.Н., Кутырев В.В. Актуальные проблемы биологической безопасности в современных условиях. Часть 2. Понятная, терминологическая и определительная база биологической безопасности. *Вестник РАМН*. 2013; 68(11):4–13.
2. Малокова Т.А., Ляпин М.Н., Костокова Т.А., Головки Е.М., Дроздов И.Г., Кутырев В.В. Медицинские аспекты обеспечения биобезопасности при работе с возбудителями особо опасных инфекций. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2007; 5:52–7.
3. Ляпин М.Н., Кутырев В.В. Актуальные проблемы биобезопасности. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. 2013; 1:97–122.
4. Германчук В.Г., Морозов К.М., Семакова А.П., Шавина Н.Ю. Обеспечение биологической безопасности в лаборатории для работы с зараженными животными. *Здоровье населения и среда обитания*. 2016; 12(285):44–8.
5. Акимкин В.Г., Бормашов А.В. Современное состояние и перспективы решения проблемы обращения с медицинскими отходами в Российской Федерации. *Медицинский алфавит. Эпидемиология и гигиена*. 2013; 2(12): 48–53.
6. Акимкин В.Г., Бормашов А.В. Эпидемиологическая значимость и перспективы решения проблемы обращения с медицинскими отходами в РФ. *Поликлиника*. 2015; 5:34–39.
7. Зудинова Е.А., Балакаева А.В., Мамонтова Л.С., Тимофеева Т.В. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения мегаполисов при централизованной системе обеззараживания медицинских отходов. *Медицинский алфавит*. 2015; 6:50–4.
8. Курьелина А.Ф., Семакова А.П., Брандзишевский Ю.В. Основы безопасности работы с зараженными животными. *Биозащита и биобезопасность*. 2013; 5(3):23–5.
9. Германчук В.Г., Семакова А.П., Шавина Н.Ю. Этические принципы при обращении с лабораторными животными в эксперименте с патогенными биологическими агентами I–II групп. *Проблемы особо опасных инфекций*. 2018; (4):33–8. DOI: 10.21055/0370-1069-2018-4-33-38.

10. Балакаева А.В. Краткий обзор аппаратных технологий обеззараживания медицинских отходов, применяемых в России. *Молодой ученый*. 2010; 9:83–8.

11. Шкарин В.В., Благонравова А.С., Ковалишена О.В. Современные представления о механизмах устойчивости микроорганизмов к дезинфицирующим средствам. *Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы*. 2011; 3:48–53.

12. Чикина О.Г., Мубаракшин Т.Ф., Локоткова А.И. Перспективы применения физического метода обеззараживания медицинских отходов. *МедиАль*. 2015; 3(17):29–31.

13. Chartier Y., Emmanuel J., Pieper U., Prüss A., Rushbrook P., Stringer R., Townend W., Wilburn S., Zghondi R., editors. Safe management of wastes from health-care activities. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2014. 308 p.

14. Stone V., editor. Safe management of wastes from health-care activities. Geneva: World Health Organization; 2017. 24 p.

15. Зудинова Е.А., Балакаева А.В., Тимофеева Т.В., Мамонтова Л.С. Преимущества и недостатки аппаратного метода обеззараживания медицинских отходов. *Управление качеством в здравоохранении*. 2015; 1:39–46.

16. Балакаева А. В., Русаков Н. В. Сравнительная оценка эффективности установок обеззараживания медицинских отходов. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(7):614–7. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-7-614-617.

17. Шишкова Н.А., Маринин Л.И., Тюрин Е.А. Обеззараживание материалов, содержащих споры возбудителя сибирской язвы, в СВЧ печи. *Национальные приоритеты России*. 2011; 2:127–8.

18. Веркина Л.М., Титова С.В., Березняк Е.А., Симонова И.Р., Тришина А.В., Головин С.Н., Мазрухо А.Б. Оценка эффективности СВЧ-излучения для обеззараживания в лабораторных условиях объектов контаминированных *Y. pestis* и *V. cholerae*. *Дезинфекционное дело*. 2014; 1:24–8.

19. Колосовская Е.Н., Светличная Ю.С., Захватова А.С. Система обеззараживания микроволновая медицинских отходов «Стериус». Методические рекомендации. СПб.; 2013. 14 с.

20. Ялда К.Д., Рыбакова Е.В. Микроволновое обеззараживание медицинских отходов класса Б и В на примере СВЧ-установки «Стериус». *Медицинский алфавит*. 2013; 2(12):58–9.

References

1. Onishchenko G.G., Smolensky V.Yu., Ezhlova E.B., Demina Yu.V., Toporkov V.P., Toporkov A.V., Lyapin M.N., Kuttyrev V.V. [Relevant issues of biological safety under current conditions. Part 2. Terminological, notional and definitive framework of biological safety]. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Meditsinskikh Nauk [RAMS Bulletin]*. 2013; 11:4–13.

2. Malyukova T.A., Lyapin M.N., Kostyukova T.A., Golovko E. M., Drozdov I.G., Kuttyrev V.V. [Medical aspects of biosafety provision when working with the causative agents of particularly dangerous infections]. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni [Epidemiology and Infectious Diseases]*. 2007; 5:52–7.

3. Lyapin M.N., Kuttyrev V.V. [Actual problems of biosafety]. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii [Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology]*. 2013; 1:97–122.

4. Germanchuk V.G., Morozov K.M., Semakova A.P., Shavina N.Yu. [Ensuring biological safety in the laboratory for work with infected animals]. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya [Public Health and Life Environment]*. 2016; 12(285):44–8.

5. Akimkin V.G., Bormashov A.V. [Current state and prospects of solving issues of medical waste management in the Russian Federation]. *Meditsinsky Alfavit. Epidemiologiya i Gigena [Medical Alphabet. Epidemiology and Hygiene]*. 2013; 2:48–53.

6. Akimkin V.G., Bormashov A.V. [Epidemiological significance and prospects of solving issues of medical waste management in the RF]. *Poliklinika [Polyclinic]*. 2015; 5:34–9.

7. Zudinova E.A., Balakaeva A.V., Mamontova L.S., Timofeeva T.V. [Ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population of megalopolises with a centralized system for the disinfection of medical waste]. *Meditsinsky Alfavit [Medical Alphabet]*. 2015; 6:50–4.

8. Kurylina A.F., Semakova A.P., Brandzyshevsky Yu.V. [The foundations of safe work with infected animals]. *Biozashchita i Biobezopasnost' [Biosecurity and Biosafety]*. 2013; 3(16):23–5.

9. Germanchuk V.G., Semakova A.P., Shavina N.Y. [Ethical Principles for Handling Laboratory Animals in an Experiment with Pathogenic Biological Agents of the I–II Groups]. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsii [Problems of Particularly Dangerous Infections]*. 2018; (4):33–8. DOI: 10.21055/0370-1069-2018-4-33-38.

10. Balakaeva A.V. [Brief review of hardware technologies of medical waste decontamination, deployed in Russia]. *Molodoy Uchenyy [Young Researcher]*. 2010; 9(20):83–8.

11. Shkarin V.V., Blagonravova A.S., Kovalishena O.V. [Present views of the mechanisms of microbial resistance to disinfectants]. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni. Aktual'nye Voprosy [Epidemiology and Infectious Diseases. Current Items]*. 2011; 3:48–53.

12. Chikina O.G., Mubarakshin T.F., Lokotkova A.I. [Prospects of applying physical methods of medical waste decontamination]. *MediAl*. 2015; 3(17):29–31.

13. Chartier Y., Emmanuel J., Pieper U., Prüss A., Rushbrook P., Stringer R., Townend W., Wilburn S., Zghondi R., editors. Safe management of wastes from health-care activities. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2014. 308 p.

14. Stone V., editor. Safe management of wastes from health-care activities. Geneva: World Health Organization; 2017. 24 p.

15. Zudinova E.A., Balakaeva A.V., Timofeeva T.V., Mamontova L.S. [Benefits and limitations of hardware technology for medical waste decontamination]. *Upravlenie Kachestvom v Zdravookhraneni [Public Health Quality Management]*. 2015; 1:39–46.

16. Balakaeva A.V., Rusakov N.V. [Comparative evaluation of the efficacy of the plants for disinfection of medical waste]. *Gigena i Sanitariya [Hygiene and Sanitation]*. 2016; 95(7):614–7. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-7-614-617.

17. Shishkova N.A., Marinin L.I., Tyurin E.A. [Decontamination of materials containing spores of anthrax agent in microwave oven]. *Natsional'nye Prioritety Rossii [National Priorities of Russia]*. 2011; 2:127–8.

18. Verkina L.M., Titova S.V., Berезnyak E.A., Simonova I.R., Trishina A.V., Golovin S.N., Mazrukho A.B. [Evaluation of SHF-radiation efficiency to disinfect objects contaminated with *Y. pestis* and *V. cholerae* in laboratory]. *Dezinfektsionnoe Delo [Disinfection Affair]*. 2014; 1:24–8.

19. Kolosovskaya E.N., Svetlichnaya Yu.S., Zakhvatova A.S. [Microwave plant for decontamination of medical waste “Sterius”]. Methodological recommendations. St. Petersburg; 2013. 14 p.

20. Yalda K.D., Rybakova E.V. [Microwave decontamination of medical wastes Class B and C by the example of “Sterius” plant]. *Medical Alphabet [Meditsinsky Alfavit]*. 2013; 2(12):58–9.

Authors:

Germanchuk V.G., Semakova A.P., Lobovikova O.A., Gordeeva M.V., Shavina N.Yu., Morozov K.M., Devdariani Z.L., Mironova N.P. Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”. 46, Universitetskaya St., Saratov, 410005, Russian Federation. E-mail: rusrapi@microbe.ru.

Об авторах:

Германчук В.Г., Семакова А.П., Лобовикова О.А., Гордеева М.В., Шавина Н.Ю., Морозов К.М., Девдариани З.Л., Миронова Н.П. Российский научно-исследовательский противочумный институт «Микроб». Российская Федерация, 410005, Саратов, ул. Университетская, 46. E-mail: rusrapi@microbe.ru.