

Порядок проведения оценки защитной эффективности инженерных систем биологической безопасности в лабораториях с различным уровнем биологической защиты

О.Б.Шишкина, Е.А.Тюрин, С.А.Благодатских, А.А.Лебедькова

ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора, Оболенск, Московская область, Российская Федерация

В статье рассматриваются вопросы оценки эффективности некоторых инженерных систем биологической безопасности (ограждающих строительных конструкций, общеобменной вентиляции и боксов микробиологической безопасности) в лабораториях 1–4-го уровня биологической безопасности. Определены этапы проведения оценки эксплуатационных характеристик инженерных систем. Обращается внимание на необходимость применения определенного набора тестов, которые используются при проведении оценки в комплексе или частично в зависимости от уровня защиты, а также на уровень подготовленности инженерно-технического персонала при проведении этих работ.

Ключевые слова: инженерные системы биологической безопасности, уровни, ограждающие строительные конструкции, вентиляция, боксы микробиологической безопасности, эффективность, оценка

Для цитирования: Шишкина О.Б., Тюрин Е.А., Благодатских С.А., Лебедькова А.А. Порядок проведения оценки защитной эффективности инженерных систем биологической безопасности в лабораториях с различным уровнем биологической защиты. Бактериология. 2024; 9(3): 52–56. DOI: 10.20953/2500-1027-2024-3-52-56

Procedure for assessing the protective efficiency of engineering systems of biological safety in laboratories with different levels of biological protection

O.B.Shishkina, E.A.Tyurin, S.A.Blagodatskikh, A.A.Lebedkova

State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rosпотребнадзор, Obolensk, Moscow Region, Russian Federation

The article discusses the issues of assessing the effectiveness of some engineering systems of biological safety (enclosing building structures, general ventilation and microbiological safety boxes) in laboratories of 1-4 levels of biological safety. The stages of assessing the operational characteristics of engineering systems have been determined. Attention is drawn to the need to use a certain set of tests that are used in the assessment in complex or partially depending on the level of protection, as well as to the level of training of engineering and technical personnel during these works.

Key words: engineering systems of biological safety, levels, enclosing building structures, ventilation, microbiological safety cabinets, efficiency, assessment

For citation: Shishkina O.B., Tyurin E.A., Blagodatskikh S.A., Lebedkova A.A. Procedure for assessing the protective efficiency of engineering systems of biological safety in laboratories with different levels of biological protection. Bacteriology. 2024; 9(3): 52–56. (In Russian). DOI: 10.20953/2500-1027-2024-3-52-56

Для корреспонденции:

Тюрин Евгений Александрович, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник лаборатории биологической безопасности ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Адрес: 142279, Московская область, г.о. Серпухов, р.п. Оболенск, Территория «Квартал А», 24
Телефон: (4967) 36-01-16
E-mail: turin@obolensk.org

Статья поступила 19.03.2024, принята к печати 30.09.2024

For correspondence:

Evgeny A. Tyurin, MD, PhD, Senior Researcher, Leading researcher of the Biological safety laboratory of State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rosпотребнадзор

Address: 24 "Quarter A" Territory, Obolensk, City District Serpukhov, Moscow region, 142279, Russian Federation
Phone: (4967) 36-01-16
E-mail: turin@obolensk.org

The article was received 19.03.2024, accepted for publication 30.09.2024

Современная микробиологическая, бактериологическая или вирусологическая (научно-исследовательская, диагностическая, биотехнологическая) лаборатория является сложным инженерно-техническим комплексом, который насыщен различным оборудованием, инженерными системами жизнеобеспечения и инженерными системами, обеспечивающими биологическую безопасность (ББ) при проведении работ с микроорганизмами I–IV групп патогенности (опасности) [1–6]. Для полноценного использования оборудования и обеспечения требований ББ при проведении работ с патогенными биологическими агентами (ПБА) бактериальной и/или вирусной природы в ней должны быть созданы следующие условия:

- качественная изоляция внутреннего контура и герметизация внешнего контура «заразных» помещений лаборатории;
- организованная система вытяжной вентиляции для обеззараживания воздуха от аэрозолей патогенных микроорганизмов;
- применение защитного оборудования (боксов, вытяжных шкафов и т.п.) для локализации и защиты персонала в рабочей зоне;
- использование средств индивидуальной защиты тела и органов дыхания;
- безопасное использование стандартного и нестандартного лабораторного оборудования.

Для выполнения вышеперечисленных условий необходимо обеспечить внутреннюю и внешнюю ББ средствами инженерной линии защиты [2, 6, 7] по следующим направлениям:

- ограждающие строительные конструкции (ОСК);
- средства, обеспечивающие нераспространение и сдерживание биологических аэрозолей (вентиляция, боксы микробиологической безопасности (БМБ)), чтобы изолировать, локализовать, удерживать ПБА;
- средства, обеспечивающие нераспространение жидких и твердых отходов (передаточные устройства).

Кроме функционирования биологической линии защиты, в лаборатории необходимо грамотно эксплуатировать системы жизнеобеспечения, которые обеспечивают холодное и горячее водоснабжение, водоотведение, электроснабжение, пар, сжатый воздух и оборотную воду [2]. Наряду с системами жизнеобеспечения комплекс инженерных систем ББ должен обеспечивать безопасную работу сотрудников лаборатории в «заразных» помещениях лаборатории, что, в свою очередь, возможно только в результате безотказной работы инженерных систем и технологического оборудования специального назначения, обеспечивающих высокий уровень ББ, и грамотного исполнения своих обязанностей специалистами инженерно-технического профиля [2, 7–9].

В соответствии с нормативной документацией все микробиологические лаборатории (медицинские, ветеринарные, биологические) делятся на четыре уровня по степени насыщенности инженерными системами ББ [10–12]:

- уровень биологической безопасности (УББ) 1 – лаборатории базовые (по международной классификации – учебные): выполнение всех видов работ с ПБА IV группы;
- уровень биологической безопасности (УББ) 2 – лаборатории базовые: выполнение всех видов работ с ПБА III–IV

группы, а также проведение работ с ПБА II группы без накопления (культивирование или концентрирование) жизнеспособного ПБА;

- уровень биологической безопасности (УББ) 3 – лаборатории изолированные: выполнение всех видов работ с ПБА I (возбудитель чумы) и ПБА II группы, а также проведение работ с вирусами I группы патогенности, без накопления (культивирование или концентрирование) жизнеспособного ПБА;

- уровень биологической безопасности (УББ) 4 – лаборатории максимально изолированные: выполнение всех видов работ с вирусами I группы патогенности; микроорганизмами, ассоциированными с клиническими проявлениями, характерными для ПБА I–II групп, таксономическое положение которых не определено, а степень опасности не изучена; экспериментальные исследования штаммов ПБА с множественной устойчивостью к антибиотикам и химиопрепаратам, а также аэриобиологические исследования с ПБА I–II групп.

Для уменьшения риска выхода ПБА за пределы контура изоляции (герметизации) лаборатории необходимо постоянно контролировать эффективность работы защитных систем и средств, входящих в барьерные системы (ОСК, вентиляция, БМБ и т.п.). Для этого в лабораториях различных уровней защиты необходимо создать те условия, которые могут обеспечить функционирование комплекса защитных мер [6, 9]:

- постоянный контроль эффективности работы инженерных систем;
- применение правил безопасной работы, основанных на соблюдении положений и требований нормативно-методических документов;
- наличие обученного и подготовленного персонала лаборатории и инженерно-технической службы обеспечения работ;
- постоянное поддержание высоких требований к состоянию здоровья персонала и контроль за ним, а также проведение специфической профилактики (при необходимости);
- наличие средств инженерно-технического оснащения для сдерживания ПБА в соответствии с поставленными задачами.

Как показывает практика, все инженерные системы, предусмотренные нормативной документацией для лабораторий, необходимы и целесообразны, так как они создают комплекс, обеспечивающий безопасность персонала и окружающей среды при проведении работ с ПБА I–IV групп [9]. Однако нужно выделить несколько обязательных систем, без которых современная лаборатория работать не может. Это системы, обеспечивающие контур изоляции (герметизации):

- ОСК;
- механическая приточно-вытяжная общеобменная вентиляция с высокоэффективными фильтрами очистки воздуха класса H13 на притоке и H14 на удалении;
- БМБ II–III классов.

Испытания вентиляционных систем, проведенные в различных учреждениях биологической направленности (ветеринарные, пищевые и т.п.), показали, что 95% эксплуатируемого вентиляционного оборудования на момент проведе-

ния испытаний не соответствовало критериям безопасности положений, изложенным в СанПиН 3.3686-21 [12]. Был выявлен ряд нарушений, которые были наиболее характерны и на которые обратили внимание сотрудники, проводившие испытания: качество монтажа при установке фильтр-элементов, качество изготовления модулей вентиляционных камер и совокупный фактор.

Цель работы. Определить порядок проведения испытаний по оценке работоспособности и защитной эффективности инженерных систем ББ и представить наиболее показательные тесты, проводимые для их сертификации в микробиологических лабораториях различных уровней защиты.

Материалы и методы

Основным методом исследований являлся как эпидемиологический анализ эксплуатационных характеристик инженерных систем ББ, так и оценка защитной эффективности систем и элементов, выявленных в периоды их проверки в лабораториях различных уровней защиты. Также объектами исследования являлись нормативно-методические материалы, санитарно-эпидемиологические правила, внутренние инструкции и стандартные операционные процедуры по работе с ПБА I–IV групп, паспорта на системы и элементы инженерных систем, протоколы проведенных испытаний и анализ полученных результатов.

Результаты исследования и их обсуждение

Для каждого уровня ББ определен комплекс оценочных мероприятий и процедур, позволяющий всесторонне оценить работоспособность и защитную эффективность инженерных систем и механизмов, которые в них входят, и сделать соответствующее положительное или отрицательное заключение. Соответственно, всю процедуру испытаний (сертификации) инженерных систем ББ (ОСК, вентиляции и БМБ) можно разделить на три этапа:

- 1) подготовительный;
- 2) рабочий;
- 3) заключительный.

Выполнение процедуры подготовительного этапа при проведении контрольных мероприятий и сертификации на инженерных системах ББ почти полностью ложится на плечи персонала лаборатории, так как необходимо провести полную дезинфекционную обработку помещения лабораторных блоков и лаборатории в целом, не исключая вспомогательные помещения, такие как коридор, учитывая наличие «мертвых» вентиляционных зон, и подготовить оборудование к испытаниям. Дезинфекцию выполняют проинструктированные сотрудники, используя штатный рабочий раствор дезинфектанта. В качестве средств защиты используют защитную одежду и средства индивидуальной защиты органов дыхания и глаз. После окончания дезинфекции составляется акт, который является основанием для допуска в помещение лаборатории специалистов инженерного профиля после соответствующей временной экспозиции. Их допускают в лабораторию в сопровождении ответственного сотрудника лаборатории. Первое, что должен сделать инженер, – это оценить вентиляционный режим лаборатории. Этот режим дол-

жен соответствовать штатному режиму работы вентиляции, предусмотренному для того или иного уровня безопасности и вида лаборатории (диагностическая или экспериментальная), и создавать разрежение от 50 до 100–150 Па. Специалисты инженерной службы проводят визуальный осмотр помещений для определения мест и оценки доступа к местам контроля оборудования: воздуховодам, вентиляционным камерам, боксам. Специалисты предъявляют сотрудникам лаборатории сертификаты и поверочные акты на оборудование и приборы, которыми будут пользоваться при проведении контрольных мероприятий и испытаний на предъявляемых инженерных системах ББ.

Рабочий этап проведения работ выполняют специалисты инженерно-технического отдела организации, если лаборатория соответствует уровню для работы с микроорганизмами, относящимися к IV группе патогенности (УББ 1). В случае, если в лаборатории работают с микроорганизмами I–IV групп патогенности, оценку проводят представители организации или фирмы, с которыми заключен контракт/договор о проведении контрольных мероприятий и испытаниях предъявляемых инженерных системах ББ.

Необходимо помнить о том, что к проведению второго этапа работ желательно допускать инженерно-технический персонал, имеющий представление о биологической составляющей лаборатории, о том, с какими микроорганизмами работают в боксах «заразной» зоны, их свойствах и особенностях. Они должны иметь хотя бы минимальные представления и базовые знания, подтвержденные соответствующими курсами. Желательно, чтобы специалисты, проверяющие лаборатории уровня 2–4, имели соответствующие специфические профилактические прививки и документ, подтверждающий обучение на курсах повышения квалификации, а также были допущены к работам с ПБА на основании приказа руководителя своей организации, копия которого предъявляется сотрудникам лаборатории. Последнее положение выполнить достаточно трудно, так как подобных специалистов очень мало, а привитых нет вообще. В соответствии с положениями требований ББ всех специалистов инженерно-технического профиля допускают в «заразные» помещения лаборатории только после инструктажа и входного медицинского осмотра с измерением температуры тела, в сопровождении выделенных для этого сотрудников. Все данные заносят в специальный журнал [12].

Выполнение рабочего этапа начинают со знакомства с имеющейся инженерно-технической документацией на системы и оборудование, которое подлежит испытаниям: разрезами проекта по общеобменной вентиляции, паспортами на инженерные системы приточной и вытяжной вентиляции, актами ранее проведенных испытаний, паспортами на БМБ, паспортами на высокоэффективные фильтры очистки воздуха, актами проведенной дезинфекции и результатами ее эффективности. После ознакомления с представленными документами и их анализом приступают непосредственно к проведению работ в помещениях «заразной» зоны, выполняя процедуры по проверке и испытанию представляемого оборудования.

Говоря о системе приточно-вытяжной вентиляции, нельзя не упомянуть о месте расположения элементов этой системы, т.е. о пространстве, которое ограничено стенами, полом

и потолком, т.е. о герметичных изолирующих ОСК. Они создаются в лаборатории для изоляции ПБА и недопущения их проникновения через ОСК из рабочих помещений «заразной» зоны в смежные помещения «заразной» и «чистой» зон и/или во внешнюю окружающую среду. К сожалению, достичь 100%-й герметизации крайне сложно. Это зависит от материалов, из которых сделаны стены помещений, качества отделки, нанесения герметика, покраски и т.п. [1]. Поэтому корректнее говорить об изоляции рабочих помещений. Ограждающие строительные конструкции группы помещений «заразной» зоны составляют наружный, или первичный, контур изоляции (герметизации). Внутренний, или вторичный, контур изоляции (герметизации) составляют строительные ограждения отдельных смежных помещений (блоков) внутри «заразной» зоны лаборатории. Контур изоляции (герметизации) должен проверяться не реже одного раза в год специалистами инженерно-технического профиля. В случае обнаружения мест нарушения качества контура они герметизируются и контур проверяют повторно.

БМБ являются первым барьером, защищающим сотрудников лаборатории, работающих с ПБА, от их опасного воздействия, и поэтому отношение к этому техническому элементу безопасности в лаборатории должно быть основательным и взыскательным. БМБ проверяют или сертифицируют не реже одного раза в год, а также во время установки БМБ до ввода в эксплуатацию. Бокс сертифицируют после его переноса/перестановки в другое место, так как при переносе фильтры HEPA могут повредиться или сместиться с посадочных мест, а также после профилактического ремонта и/или замены отдельных внутренних деталей (электронная плата, электродвигатель, HEPA-фильтр).

Сертификацию бокса начинают с оценки места его установки. Бокс должен быть размещен так, чтобы не было дополнительного возмущения воздушных масс в помещении лаборатории при перемещении персонала, чтобы тем самым не нарушалась тонкая воздушная завеса рабочей камеры бокса и не возникали турбулентные потоки воздуха, мешающие выполнению работ с ПБА. После оценки местоположения бокса приступают к измерениям скоростей входящего и нисходящего воздушных потоков в его рабочей камере. Эти процедуры выполняют при помощи приборов (лепестковый анемометр и термоанемометр), которые должны быть проверены и срок их поверки был достаточен для проведения испытаний.

Распределение входящего динамического воздушного потока в рабочую камеру проводят при помощи визуального дымового теста. Дым – это видимый аэрозоль, который является единственным средством для визуализации воздушного потока и позволяет в полной мере определить его распространение в рабочей камере бокса. Источником дыма могут служить специальные устройства или подручные средства (дымовые индикаторы). Основное требование – видимый аэрозоль дыма должен быть стабильным и устойчивым, что позволяет видеть распределение воздушного потока в рабочей камере бокса и оценить его распространение.

Следующим шагом при проведении сертификации являются проведение проверки целостности HEPA-фильтра и оценка его эффективности. Для выполнения этих процедур

используют счетчик аэрозольных частиц в комплексе с генератором аэрозоля ФАН и измерителем комбинированным Testo-435-1 или их аналоги. HEPA-фильтр сканируют датчиком, подсоединенным к счетчику аэрозольных частиц, оценивая всю поверхность фильтра. В качестве аэрозоля, который запускают «ДО» фильтра, используют масляный аэрозоль (турбинное масло, диактилфталат и т.п.), который возгоняют до определенного стандартного значения размеров частиц. Полученные результаты оценивают в соответствии с методикой измерений [1].

Герметичность БМБ определяют методом наддува воздуха в рабочую камеру и внутренние полости бокса (пленум). Предварительно все места соединений (крышку рабочей камеры, контакт защитного стекла с корпусом, отверстия в верхней части бокса и т.п.) заклеивают широкой малярной лентой типа «скотч» или иным фиксирующим и герметизирующим материалом. Убедившись в полной герметизации, при помощи воздуходувки в бокс нагнетают воздух с избыточным давлением в 30% от объема рабочей камеры. Падение давления контролируют по U-образному манометру: не более чем на 10% в течение 30 минут. В случае падения давления на большую величину становится ясным, что бокс негерметичен. Если падения давления нет, это свидетельствует об отсутствии утечек и герметичности бокса, при отсутствии отрицательных результатов других тестов бокс может быть принят к дальнейшей эксплуатации. Кроме обязательных тестов сертификации, используют дополнительные тесты на вибрацию столешницы, шум, производимый электродвигателем, и освещенность рабочего поля столешницы.

Третий этап проведения испытаний – это обработка полученных результатов и оформление необходимых документов (акты, протоколы). Если весь комплекс проведенных тестов не выявил отрицательных значений, составляется протокол с подписями всех компетентных специалистов, в т.ч. и со стороны лаборатории, который передается руководству лаборатории, а на лицевую часть бокса помещают табличку – сертификат о том, что бокс соответствует требованиям для работ с микроорганизмами, с которыми работают в данной лаборатории в зависимости от уровня безопасности. Кроме того, после завершения испытаний необходимо провести соответствующую уборку рабочего помещения, проветрить его и сдать сотрудникам лаборатории в соответствующем виде.

Заключение

Полученный опыт проведения мероприятий по оценке состояния и защитной эффективности инженерных систем ББ на объектах и в лабораториях различных уровней защиты позволяют сделать некоторые выводы и высказать некоторые предложения. Так, деятельность инженерно-технического персонала (эксплуатационная, контрольная, ремонтная), направленная на снижение биологических рисков, должна быть высокопрофессиональной, с применением высокоэффективных инженерно-технических средств в решении проблем защиты среды обитания человека от выхода ПБА [6, 9]. На наш взгляд, для управления биологическими рисками, вероятно, следует уделить внимание следующим положениям ББ:

- сертификационные испытания инженерных систем ББ должны проводиться в соответствии с установленным порядком проведения работ с учетом всех факторов, требований ББ и нормативной документации;
- подготовку и установку элементов систем вентиляции (фильтров) в вентиляционные камеры и БМБ следует доверять только высокопрофессиональным специалистам, подготовленным для этой работы;
- готовя техническое задание для проведения работ по замене и сертификации высокоэффективных фильтров очистки воздуха для инженерных систем ББ, необходимо указывать уровень подготовки инженерно-технических работников и опыт в проведении подобных мероприятий.

Информация о финансировании

Работа выполнена в рамках отраслевой программы Роспотребнадзора.

Financial support

The work was carried out within the framework of the industry program of Rospotrebnadzor.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

Литература

1. Найдёнов АЯ. Безопасность работ в микробиологических лабораториях. Защитная эффективность инженерных систем безопасности. М.: ДеЛи плюс, 2013.
2. Дроздов СГ, Гарин НС, Джиндоян ЛС, Тарасенко ВМ. Основы техники безопасности в микробиологических и вирусологических лабораториях. М.: Медицина, 1987.
3. Тюрин ЕА. Обеспечение требований биологической безопасности на биологически опасном объекте. Биозащита и биобезопасность. 2013;2:34-42.
4. Laboratory Biosafety Guidelines. 3rd Edition. Canada. 2004.
5. Дмитриева ВА, Боронин АМ, Дмитриев ВВ, Доброхотский ОН, Жариков ГА, Коломбет ЛВ, и др. Учебное пособие по биобезопасности. Пушкино; Тула: Изд-во ТулГУ, 2013.
6. Тюрин ЕА, Шишкина ОБ, Артеменко ЕВ. Современные требования к условиям эксплуатации инженерных систем биологической безопасности в учреждениях ветеринарии. Ветеринария. 2021;10:44-48. DOI: 10.30896/0042-4846.2021.24.10.44-48
7. Тюрин ЕА, Чекан ЛВ, Маринин ЛИ, Дятлов ИА. Профессиональный риск сотрудников микробиологических лабораторий и меры его снижения. Анализ риска здоровья. 2014;3:44-50.
8. Тюрин ЕА. Индивидуальные и коллективные факторы биобезопасности. Жизнь без опасностей. Здоровье. Профилактика. Долголетие. 2010;V(4):148-53.
9. Санитарные нормы и правила «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней» СП 3.3686-21. 2021.
10. Тюрин ЕА, Шишкина ОБ, Чекан ЛВ. Комплексное участие инженерно-технической службы потенциально опасного биологического объекта в процессе обеспечения биологической и экологической безопасности. Сборник материалов XIV Международной научно-технической конференции «Наука, образование, производство в решении экологических проблем» (Экология-2018). 2018;1:266-78.
11. Практическое руководство по биологической безопасности в лабораторных условиях. 4-е изд. Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2020.
12. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, 6th Edition. USA. Centers for Disease Control and Prevention National Institutes of Health. 2020.

References

1. Naidenov AYa. Bezopasnost' rabot v mikrobiologicheskikh laboratoriyakh. Zashchitnaya effektivnost' inzhenernykh sistem bezopasnosti. M.: DeLi plus Publ., 2013. (In Russian).
2. Drozdov SG, Garin NS, Dzhindoyan LS, Tarasenko VM. Osnovy tekhniki bezopasnosti v mikrobiologicheskikh i virusologicheskikh laboratoriyakh. M.: Meditsina Publ., 1987. (In Russian).
3. Tyurin EA. The securing of requirements of biological safety on biologically dangerous objects. Biozashchita i biobezopasnost'. 2013;2:34-42. (In Russian).
4. Laboratory Biosafety Guidelines. 3rd Edition. Canada. 2004.
5. Dmitrieva VA, Boronin AM, Dmitriev VV, Dobrokhotskii ON, Zharikov GA, Kolombet LV, et al. Uchebnoe posobie po biobezopasnosti. Pushchino; Tula: TulGU, 2013. (In Russian).
6. Tyurin EA, Shishkina OB, Artemenko EV. Modern requirements for the life of the engineering systems of the world in veterinary institutions. Veterinariya. 2021;10:44-48. DOI: 10.30896/0042-4846.2021.24.10.44-48 (In Russian).
7. Tyurin EA, Chekan LV, Marinin LI, Dyatlov IA. Professional risks faced by microbiological laboratory workers and their mitigation measures. Health Risk Analysis. 2014;3:44-50. (In Russian).
8. Tyurin EA. Individual'nye i kollektivnye faktory biobezopasnosti. Zhizn' bez opasnostei. Zdorov'e. Profilaktika. Dolgoletie. 2010;V(4):148-53. (In Russian).
9. Sanitarnye normy i pravila «Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya po profilaktike infektsionnykh boleznei» SP 3.3686-21. 2021. (In Russian).
10. Tyurin EA, Shishkina OB, Chekan LV. Kompleksnoe uchastie inzhenerno-tekhnicheskoi sluzhby potentsial'no opasnogo biologicheskogo ob'ekta v protsesse obespecheniya biologicheskoi i ekologicheskoi bezopasnosti. Sbornik materialov XIV Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Наука, образование, производство в решении экологических проблем» (Экология-2018). 2018;1:266-78. (In Russian).
11. Prakticheskoe rukovodstvo po biologicheskoi bezopasnosti v laboratornykh usloviyakh. 4-e izd. Vsemirnaya organizatsiya zdравookhraneniya. Zheneva, 2020. (In Russian).
12. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, 6th Edition. USA. Centers for Disease Control and Prevention National Institutes of Health. 2020.

Информация о соавторах:

Шишкина Ольга Борисовна, ведущий инженер отдела эксплуатации и ремонта инженерных систем биологической безопасности ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Благодатских Станислав Александрович, младший научный сотрудник лаборатории биологической безопасности ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Лебедькова Александра Андреевна, стажер-исследователь лаборатории биологической безопасности ФБУН «Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии» Роспотребнадзора

Information about co-authors:

Olga B. Shishkina, Leading Engineer of the Department of Operation and Repair of Engineering Systems of Biological Safety, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rospotrebnadzor

Stanislav A. Blagodatskikh, Junior Researcher, Laboratory of Biological Safety, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rospotrebnadzor

Alexandra A. Lebedkova, research intern at the biological safety laboratory, State Research Center for Applied Microbiology and Biotechnology of Rospotrebnadzor