



Технические и проектные особенности специализированных лабораторий для работы с инфицированными животными

В.Г. Германчук, Е.В. Кислицина, Н.Ю. Шавина

ФКУЗ «Российский научно-исследовательский противочумный институт “Микроб”»
Роспотребнадзора, Университетская ул., д. 46, г. Саратов, 410005, Российская Федерация

Резюме

Введение. Государственная система биологической безопасности является важной композитной частью системы национальной безопасности. Биориск присутствует при выполнении любых манипуляций с патогенными биологическими агентами. Одним из видов работ, связанных с риском неблагоприятных событий, приводящих к внутрилабораторному инфицированию, является исследование зараженных биомоделей, которые используются для проведения экспериментальных, производственных и диагностических работ в организациях различных ведомств, имеющих санитарно-эпидемиологическое заключение на работу с ПБА I-IV групп.

Цель настоящего исследования – анализ действующей нормативно-методической и законодательной базы, регулирующей технические и проектные особенности специализированных лабораторий для работы с инфицированными биомоделями, с задачей максимального уменьшения биориска.

Методы. В результате исследования были отобраны и проанализированы нормативные документы и научные работы по поисковым электронным базам данных (Web of Science, PubMed, eLIBRARY) согласно ключевым словам. После проведенного анализа отобранной литературы в настоящее исследование в соответствии с темой работы было включено 35 источников.

Результаты. Особое внимание уделяют проектированию лабораторий, осуществляющих экспериментальные и диагностические работы с биомоделями, зараженными ПБА I-II патогенности. Строительство и реконструкция действующих лабораторий, проводящих работы с лабораторными животными, осуществляются в соответствии с проектной документацией и имеют ряд своих особенностей. Набор помещений и их оснащение оборудованием варьирует в зависимости от конкретных целей и задач лаборатории. Помещения лабораторий обеспечиваются системами водоснабжения, специальной канализации, электроснабжения, отопления, приточно-вытяжной вентиляции, телефонной связью, а также оснащены охранной и пожарной сигнализацией и средствами пожаротушения в соответствии с требованиями пожарной безопасности.

Выводы. Проведенный анализ действующей нормативно-методической и законодательной базы, регулирующей технические и проектные особенности специализированных лабораторий для работы с инфицированными биомоделями, позволяет утверждать, что соблюдение соответствующих правил делает возможным осуществление специализированными лабораториями эффективной деятельности, безопасной как для здоровья людей, так и окружающей среды, с минимумом биорисков.

Ключевые слова: инфицированные животные, биомодель, биологический риск, патогенные биологические агенты, виварий, лаборатория.

Для цитирования: Германчук В.Г., Кислицина Е.В., Шавина Н.Ю. Технические и проектные особенности специализированных лабораторий для работы с инфицированными животными // Здоровье населения и среда обитания. 2021. Т. 29. № 12. С. 87-92. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-12-87-92>

Сведения об авторах:

✉ **Германчук** Валерий Геннадьевич – д.м.н., доцент, заведующий отделом экспериментальных животных с виварием; e-mail: rusrapi@microbe.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8986-3640>.

Кислицина Екатерина Владимировна – младший научный сотрудник отдела экспериментальных животных с виварием; e-mail: rusrapi@microbe.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7565-2383>.

Шавина Наталья Юрьевна – научный сотрудник отдела экспериментальных животных с виварием; e-mail: rusrapi@microbe.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4206-7559>.

Информация о вкладе авторов: Германчук В.Г. – существенный вклад в концепцию работы, сбор, анализ или интерпретация результатов работы, написание текста, согласие нести ответственность за все аспекты работы; Кислицина Е.В. – сбор, анализ или интерпретация результатов работы; Шавина Н.Ю. – сбор, анализ или интерпретация результатов работы.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья получена: 10.06.21 / Принята к публикации: 01.12.21 / Опубликовано: 15.12.21

Technical and Design Features of Laboratories Suitable for Work Involving Infected Animals

Valery G. Germanchuk, Ekaterina V. Kislitsina, Natalya Yu. Shavina

Russian Research Anti-Plague Institute “Microbe”,
46 Universitetskaya Street, Saratov, 410005, Russian Federation

Summary

Introduction: The state biological safety system is an important component of the national security system. Handling of biological agents is always potentially hazardous. One of the types of work that poses the risk of developing laboratory-acquired infections includes studies of infected biological models used for experimental, production and diagnostic purposes in the laboratory facilities of various agencies authorized to deal with biological agents of pathogenicity groups I to IV.

Objective: The study aimed to analyze the up-to-date regulatory, methodological and legislative framework setting requirements for technical and design features of special purpose laboratories suitable for work involving infected animals in order to minimize health risks.

Methods: We analyzed regulatory documents and scientific publications found in bibliographic databases (Web of Science, PubMed, and eLIBRARY) using keyword searches and selected 35 sources for the present review.

Results: Special attention is paid to the design of laboratories intended for experimental and diagnostic work with biological models infected with biological agents of pathogenicity groups I and II. Both construction and reconstruction of existing premises are carried out in accordance with the design documentation and have a number of specific features. The combination of facilities depends on the goals and objectives of the laboratory. The laboratory premises shall be provided with water supply, special sewerage, power supply, heating, exhaust ventilation, telephone communications, as well as security and fire alarms and fire extinguishing equipment in accordance with fire safety requirements.

Conclusions: The results of analyzing the current regulatory, methodological and legislative framework governing technical and design characteristics of special purpose laboratories suitable for work with infected animals confirm that strict compliance with the appropriate requirements enables their effective performance and guarantees safety for human health and the environment by eliminating biological risks.

Keywords: infected animals, biological model, biohazard, pathogens, vivarium, laboratory.

For citation: Germanchuk VG, Kislitsina EV, Shavina NYu. Technical and design features of laboratories suitable for work involving infected animals. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021; 29(12):87–92. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-12-87-92>

Author information:

✉ Valery G. Germanchuk, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Experimental Animals with Vivarium, Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe"; e-mail: rusrapi@microbe.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8986-3640>.

Ekaterina V. Kislitsina, Junior Research Scientist, Department of Experimental Animals with Vivarium, Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe"; e-mail: rusrapi@microbe.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7565-2383>.

Natalya Yu. Shavina, Research Scientist, Department of Experimental Animals with Vivarium, Russian Research Anti-Plague Institute "Microbe"; e-mail: rusrapi@microbe.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4206-7559>.

Author contributions: Germanchuk V.G. developed the study conception and design and wrote the manuscript; Kislitsina E.V. and Shavina N.Y. did data collection and analysis and interpreted the results; all authors contributed to the discussion and approved the final version of the manuscript.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Received: June 10, 2021 / Accepted: December 1, 2021 / Published: December 15, 2021

Введение. Государственная система биологической безопасности является важной композитной частью системы национальной безопасности и представляет собой совокупность правовых, медико-биологических, санитарно-эпидемиологических, ветеринарно-санитарных, фитосанитарных, административно-организационных, военных, финансовых, коммуникационных, информационных и других мер, направленных на защиту населения и окружающей среды от негативного воздействия опасных биологических факторов, предотвращение биологических угроз, создание и развитие системы мониторинга биологических рисков, а также на осуществление межгосударственного и международного сотрудничества в области биологической безопасности¹.

Допустимый уровень биологического риска обеспечивается выполнением вышеперечисленных мероприятий. Наличие опасных биологических факторов, формирующих недопустимый риск и способных привести к возникновению эпидемий, эпизоотии, эпифитотий, ухудшению ситуации в области биологической безопасности и (или) перерастанию ее в чрезвычайную ситуацию биологического характера, представляет собой биологическую угрозу².

К одному из видов основных биологических угроз относятся аварии на объектах, на которых находятся источники биологической опасности и (или) проводятся работы с патогенными биологическими агентами (ПБА), а также диверсии и (или) террористические акты на этих объектах^{1,2}.

Биориск присутствует при выполнении любых манипуляций с ПБА [1–11]. На территории Российской Федерации свыше 160 организаций осуществляют деятельность с ПБА I–II групп, зарегистрировано свыше 10 000 организаций, имеющих лицензию на деятельность с ПБА III–IV групп.

Для совершенствования системы мониторинга, лабораторной диагностики инфекционных и паразитарных болезней и индикации ПБА в Российской Федерации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека определены:

– перечень Центров индикации возбудителей инфекционных болезней I–II групп патогенности и обеспечения противоэпидемической готовности, созданных на базе противочумных учреждений;

– перечень Опорных баз Центров индикации возбудителей инфекционных болезней I–II групп патогенности, созданных на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии»;

– перечень научно-методических центров по мониторингу за возбудителями инфекционных и паразитарных болезней II–IV групп патогенности с прикрепленными субъектами Российской Федерации;

– перечень референс-центров по мониторингу за возбудителями инфекционных и паразитарных болезней, центров лабораторной диагностики и научно-методических центров по отдельным направлениям деятельности с микроорганизмами³.

Систематизация накопленных знаний о природе ПБА привела к появлению специализированных по техническому оснащению лабораторий для изучения возбудителей инфекционных заболеваний.

Одним из видов работ, связанных с риском неблагоприятных событий, приводящих к внутрилабораторному инфицированию, являются зараженные биомодели, используемые для проведения экспериментальных, производственных и диагностических работ в организациях различных ведомств, имеющих санитарно-эпидемиологическое заключение на работу с ПБА I–IV групп. Важнейшей особенностью исследований, проводимых в лабораториях с инфицированными животными, является потенциальная опасность инфицирования персонала и загрязнения окружающей среды.

Цель настоящего исследования — анализ действующей нормативно-методической и законодательной базы, регулирующей технические и проектные особенности специализированных лабораторий для работы с инфицированными биомоделями с задачей максимального уменьшения биориска.

Методы. В результате исследования были отобраны и проанализированы нормативные

¹ Об основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу. Указ Президента РФ от 11 марта 2019 г. № 97.

² О биологической безопасности в Российской Федерации. Федеральный закон от 30 декабря 2020 г. № 492-ФЗ.

³ О совершенствовании системы мониторинга, лабораторной диагностики инфекционных и паразитарных болезней и индикации ПБА в Российской Федерации. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека от 1 декабря 2017 г. № 1116.

документы и научные работы по поисковым электронным базам данных (Web of Science, PubMed, eLIBRARY) согласно ключевым словам. После проведенного анализа отобранной литературы в настоящее исследование в соответствии с темой работы было включено 35 источников.

Результаты исследования. Общеизвестно, что одним из свойств микроорганизмов является патогенность — потенциальная способность возбудителя вызывать инфекционный процесс. По классификации степени опасности патогены разделяют на группы. Традиционно возбудителей болезней человека и животных подразделяют на четыре группы⁴. Исходя из этого определены требования в проектировании и техническом оснащении специализированных лабораторий, где проводят работу с лабораторными животными, инфицированными ПБА I–IV групп. Особое внимание уделяют при проектировании лабораторий, осуществляющих экспериментальные и диагностические работы с биомоделями, зараженными ПБА I–II патогенности.

Строительство и реконструкция действующих лабораторий, проводящих работы с лабораторными животными, осуществляются в соответствии с проектной документацией и имеют ряд особенностей:

- территория, на которой расположена или будет располагаться лаборатория, должна иметь ограждение, препятствующее бесконтрольному проникновению посторонних лиц, охранную сигнализацию;

- лаборатории, где проводят и будут проводить работу с биомоделями, зараженными ПБА, размещают в отдельно стоящем здании или на отдельном этаже здания, имеющем независимый вход;

- входная дверь должна иметь запирающее устройство, на ней обязательно обозначается название (номер) лаборатории и знак «Биологическая опасность»;

- в лабораториях, работающих с зараженными биомоделями, где проводят работы с возбудителями вирусных и бактериальных инфекционных заболеваний, относящихся к I–IV группе патогенности (опасности), предусматриваются инженерные системы биологической безопасности⁴ [12, 13].

Набор помещений и их оснащение оборудованием варьирует в зависимости от конкретных целей и задач лаборатории. При проектировании и строительстве помещения лабораторий разделяют на «заразную» зону, где осуществляются манипуляции с животными, инфицированными возбудителями I–II групп патогенности, и «чистую» зону, где не проводят такого вида работы. На границе «чистой» и «заразной» зон во вновь строящихся или реконструируемых лабораториях предусмотрено устройство санитарных пропускников, состоящих из помещения для снятия личной одежды и надевания рабочей одежды, средств индивидуальной защиты (СИЗ) и помещения для снятия рабочей одежды, душевой. На

границе зон на входе в помещение необходимо устанавливать герметичную дверь, на которую должен быть нанесен знак «Биологическая опасность». Блок для работы с инфицированными животными должен быть отделен от остальной части «заразной» зоны комнатами для надевания и снятия защитной одежды и средств индивидуальной защиты и состоять из комнаты для приема, разборки и первичной обработки поступающего материала, комнаты для работы с этим материалом (заражение, вскрытие, посев), комнаты для содержания зараженных животных, комнаты для обеззараживания инвентаря^{4,5} [12, 13].

Лаборатории оборудуются двумя входами — для сотрудников и для получения материала, которое возможно через передаточный шлюз^{4,5}.

Помещения лабораторий обеспечиваются системами водоснабжения, специальной канализации, электроснабжения, отопления, приточно-вытяжной вентиляции, телефонной связью, а также оснащены охранной и пожарной сигнализацией и средствами пожаротушения в соответствии с требованиями пожарной безопасности^{4,6}.

Помещения «заразной» зоны лаборатории обязательно оборудуются аварийной звуковой и/или световой сигнализацией, которая выводится в помещения «заразной» и «чистой» зон, где постоянно находится персонал.

В лабораториях, проводящих работу с аэрозолями ПБА I–II групп, аэрогенное заражение лабораторных животных проводится в статико-динамических аэрозольных камерах, имеющих отсеки экспонирования, которые обеспечивают нахождение головы животного в аэрозоле заданное время и позволяют минимизировать контаминацию шерсти тел биомоделей. Воздуховоды аэрозольной камеры герметичные, цельносварные, выполнены из нержавеющей стали. Конструкция аэрозольной камеры обеспечивает постоянное разрежение внутри рабочего объема не менее 150 Па. Управление работой аэрозольной камеры осуществляется дистанционно с помощью пульта. К помещению с аэрозольной камерой должны примыкать боксированные лабораторные помещения для содержания инфицированных животных и их вскрытия. Все виды работ в помещениях «заразной» зоны проводятся в пневмокостюмах.

Система водоснабжения в помещениях «заразной» зоны не допускает использование системы без установки обратного клапана, а также слив необеззараженных жидкостей и жидких отходов в канализационную сеть. При проектировании следует учитывать, что в помещениях «заразной» зоны не допускается устройство подпольных каналов и подвесных потолков без доступа в запотолочное пространство для периодической дезинфекционной обработки⁴.

Твердые отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности инфицированных биомоделей (подстил, корма, тушки павших и выведенных из эксперимента животных) и предметы из помещений «заразной» зоны относятся к классу

⁴ Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней»: постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 4 от 28 января 2021 г.

⁵ Практическое руководство по биологической безопасности в лабораторных условиях. 3-е изд. / Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2004. 139 с.

⁶ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изменениями и дополнениями).

«В» (чрезвычайно эпидемиологически опасные отходы)⁷. Вначале их обеззараживают химическим методом, а затем в проходном автоклаве с двумя дверьми, оснащенными блокировкой, препятствующей одновременному открыванию дверей, установленном на границе «заразной» и «чистой» зоны⁴, с последующей утилизацией в соответствии с законодательством в области ветеринарии⁸.

Обеззараживание жидких отходов (сточных вод) проводится поэтапно. Вначале химическим способом с использованием дезинфицирующих средств с соответствующей экспозицией. Далее жидкие стоки сливаются в установку по обеззараживанию инфицированных стоков, где происходит обеззараживание физическим (термическим) способом, и только после этого цикла обеззараженные стоки сбрасываются в канализацию⁴.

После работы в блоке с инфицированными животными защитную одежду снимают, помещают в емкости и обеззараживают путем замачивания в дезинфицирующем растворе. Рабочую одежду обеззараживают также путем замачивания в дезинфицирующем растворе с последующей стиркой.

Международный эксперт в области технологии чистых помещений У. Уайт считает, что 70 % загрязнений воздушной среды приходится на человека, остальное — частицы пыли с одежды, ограждающих строительных конструкций (стены, пол, потолок), оборудования и т. п.⁹

Большое значение в проектировании и в последующем техническом оснащении помещений вивария имеет организация воздухообмена и условия вентилирования. Формируемые направленные барьерные воздушные потоки и рекомендуемые значения их скорости (0,45–0,7 м/сек) обеспечивают локализацию источника биологической опасности^{4,10} [13].

Следовательно, для обеспечения надежной защиты воздушной среды и создания соответствующих санитарно-гигиенических условий для соблюдения требований биологической и экологической безопасности помещения для работы с инфицированными животными и содержания инфицированных животных микробиологические комнаты оборудуются автономными системами приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением, оснащенными фильтрами тонкой очистки на выходе не менее Н14 класса фильтрации, проверяемыми на защитную эффективность⁴. Режим работы систем вентиляции блоков помещений «заразной» зоны для работы с инфицированными животными должен быть непрерывным, без перехода на режим «нерабочего» времени. Отработанный воздух из лаборатории, не циркулировавший в помещениях «заразной» зоны, должен выходить из здания наружу с таким

расчетом, чтобы он мог рассеиваться вдали от служебных и жилых зданий или отверстий для забора свежего воздуха. В помещениях «заразной» зоны предусмотрено создание различных депрессионных режимов в соответствии с технологическими условиями (от –1,0 до –100 Па и не менее чем от –200 до –250 Па в лабораториях, проводящих работу с аэрозолями ПБА I–II групп).

Очистка подаваемого воздуха в рабочие помещения должна проводиться фильтрами класса не менее Н11, кондиционирование воздуха помещений «заразной» зоны допускается секциями кондиционирования, предусмотренными в составе приточных вентиляционных систем до фильтров очистки воздуха класса не менее Н11–Н13. Недопустима установка оконных кондиционеров и сплит-систем на границе помещений «заразной» и «чистой» зоны^{4,11}.

При работающей вентиляции в помещениях вивария образуется два вида воздушных потоков: организованные и неорганизованные. Организованные потоки связаны с работой приточно-вытяжной вентиляции, а также воздушными потоками, обусловленными влиянием постоянной работы первичных барьеров. Организованные воздушные потоки, характеризующиеся расчетными параметрами и заданной направленностью, предусматриваются проектом и техническими решениями. Неорганизованные воздушные потоки возникают при работе персонала вивария.

Сотрудники, работающие в помещениях, в результате своей жизнедеятельности вносят физические изменения в состояние воздушной среды (загрязнение, тепло и влаговыведение). Несбалансированное превышение влажности и температуры приводит к перегреву организма. Это может отразиться на действиях персонала во время выполнения манипуляций с инфицированными ПБА биомоделями [14].

Такая вентиляция обеспечивает надлежащее качество воздуха и стабильную окружающую среду, снижает риск перекрестного заражения переносимыми по воздуху возбудителями^{4,11} [9].

Лабораторные животные, зараженные разными видами ПБА, подлежат раздельному содержанию. Для этого предусматривается использование систем индивидуально вентилируемых клеток и шкафов для содержания инфицированных животных. Система представляет собой установку подготовки воздуха (с созданием разрежения или избыточного давления воздуха, который на входе и выходе очищается префильтрами и НЕРА фильтрами Н13 или Н14) и стеллаж с клетками для содержания экспериментальных животных различных размеров, в зависимости от вида биомодели.

Экспериментальные животные, содержащиеся в вентилируемых клетках, изолированы друг от

⁷ Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684–21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»: постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации № 3 от 28 января 2021 г.

⁸ Об утверждении «Ветеринарных правил перемещения, хранения, переработки и утилизации биологических отходов»: приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 626.

⁹ Технология чистых помещений. Основы проектирования, испытаний и эксплуатации / В. Уайт. Москва: Клинрум, 2002. 304 с.

¹⁰ Основы техники безопасности в микробиологических и вирусологических лабораториях / С.Г. Дроздов, Н.С. Гарин, Л.С. Джинджоян, В.М. Тарасенко. Москва: Медицина, 1987. 256 с.

¹¹ Свод правил 336.1325800.2017 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Правила эксплуатации. Утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 15 сентября 2017 г. № 1222/пр.

друга, перекрестное заражение различными инфекциями невозможно. Минимизированы риски заражения персонала вивария [15, 16].

Огромную роль в работе с инфицированными биомоделями с целью предотвращения возможности заражения персонала воздушно-капельным путем и перекрестной контаминации воздуха рабочего помещения и окружающей среды, поддержания надлежащего гигиенического баланса при проведении работ с ПБА I–IV групп, кроме системы вентиляции, систем индивидуально вентилируемых клеток и шкафов для содержания инфицированных животных, играют боксы микробиологической безопасности (БМБ) II, III классов и ламинарные станции для ухода за животными и чистки клеток^{4,5} [12–13, 16–19, 21, 22].

БМБ комплектуются фильтрами HEPA, что создает дополнительную защиту от вредных выбросов в помещения вивария и окружающую среду (удержание и контроль удаления из рабочей зоны) ПБА⁴ [14, 17–22]. БМБ располагаются вне потоков воздуха от входных дверей и вентиляционных систем.

Для проведения качественного обеззараживания воздуха все помещения «заразной» зоны вивария оборудуются бактерицидными облучателями для обеззараживания воздуха и поверхностей^{4,12}.

Во избежание аварийных ситуаций при работе с инфицированными животными, проникновения грызунов извне входные двери в помещениях для работы с инфицированными животными оборудуются высокими порогами и делаются герметичными⁴.

С учетом вышеизложенного, действующая нормативно-методическая документация определяет необходимые требования к использованию инженерно-технических средств обеспечения биологической безопасности, в том числе и к применению боксирующих устройств^{10,13} [13, 14, 16–22].

Выводы. Таким образом, проведенный анализ действующей нормативно-методической и законодательной базы, регулирующей технические и проектные особенности специализированных лабораторий для работы с инфицированными биомоделями, позволяет утверждать, что соблюдение соответствующих правил дает возможность осуществлять эффективную деятельность специализированным лабораториям, безопасную как для здоровья людей, так и для окружающей среды, с максимальным уменьшением биорисков.

Список литературы

- Доброхотский О.Н. Оценка и управление биологическими рисками при работе с патогенными биологическими агентами (Современное состояние вопроса в России) // Биозащита и биобезопасность. 2010. Т. 2. № 3. С. 18–22.
- Доброхотский О.Н., Дятлов И.А. Особенности анализа риска здоровью при работе с патогенными биологическими агентами // Анализ риска здоровью. 2013. № 1. С. 24–29.
- Коломбет Л.В., Дядишев Н.Р., Доброхотский О.Н., Зиновьев Г.А. Обеспечение биологической безопасности при работе с патогенными биологическими агентами на основе системного подхода по управлению биорисками // Медицина экстремальных ситуаций. 2011. № 3 (37). С. 111–118.
- Малюкова Т.А., Бойко А.В., Панин Ю.А., Бессмертный В.Е., Кутырев В.В. Вероятность реализации биорисков при проведении работ с ПБА I–II группы // Эпидемиология и инфекционные болезни. 2016. Т. 21. № 3. С. 136–145. doi: 10.18821/1560-9529-2016-21-3-136-145
- Ляпин М.Н. К технологиям оценки опасности при работе с патогенными биологическими агентами // Инфекция и иммунитет. 2017. Т. 7. № 5. С. 1059.
- Тюрин Е.А., Храмов М.В., Дятлов И.А. Анализ выполнения требований по обеспечению биологической безопасности на потенциально опасном объекте // Проблемы особо опасных инфекций. 2018. № 2. С. 95–100. doi: 10.21055/0370-1069-2018-2-95-100
- Гушин В.А., Мануйлов В.А., Макаров В.В., Ткачук А.П. Надлежащая организация системы биобезопасности как средство снижения уязвимости общества, экономики и государства перед биогенными угрозами // Вестник РГМУ. 2018. № 4. С. 5–21. doi: 10.24075/vrgmu.2018.054
- Ефременко Д.В. Биологическая безопасность массовых мероприятий: особенности лабораторной диагностики // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2018. № 1. С. 45–52. doi: 10.36233/0372-9311-2018-1-45-52
- Ефременко Д.В., Василенко Н.Ф., Ефременко В.И. Биологическая безопасность массовых мероприятий: оценка внешней эпидемиологической угрозы // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2019. № 2. С. 76–82. doi: 10.36233/0372-9311-2019-2-76-82
- Удовиченко С.К., Топорков В.П. Об эпидемиологических рисках, составляющих их категориях и предикторах при возникновении чрезвычайных ситуаций санитарно-эпидемиологического (биологического) характера // Анализ риска здоровью. 2020. № 1. С. 83–91. doi: 10.21668/health.risk/2020.1.09
- Boles KS, Kannan K, Gill J, et al. Digital-to-biological converter for on-demand production of biologics. *Nat Biotechnol.* 2017;35(7):672–675. doi: 10.1038/nbt.3859
- Чернов А.Н. Современные требования при работе с патогенными биологическими агентами в ветеринарных лабораториях Российской Федерации // Ветеринарный врач. 2016. № 2. С. 3–8.
- Чернов А.Н., Мифтахов Н.Р. Современные требования при работе с патогенными биологическими агентами в ветеринарных лабораториях Российской Федерации // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2019. № 21. С. 452–454.
- Шишкина О.Б., Тюрин Е.А. Воздушные барьерные инженерные системы биологической безопасности для охраны окружающей среды. Медицина труда и экология человека. 2015. № 3. 233–240.
- Тращенко Д., Ковалева М. Индивидуально вентилируемые клетки – лишние финансовые вложения или оптимальная защита персонала и лабораторных животных? // Международный вестник ветеринарии. 2014. № 1. С. 100–103.
- Чекан Л.В., Тюрин Е.А. Шкафы биобезопасности – надежное средство профилактики внутрилабораторных заражений при работе с возбудителями ООИ. // В кн.: Диагностика, лечение и профилактика опасных и особо опасных инфекционных заболеваний. Биотехнология: Матер. Всерос. конф.,

¹² Р 3.5.1904–04 «Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях». Утверждено и введено в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации 04 марта 2004 г.

¹³ Ставский Е.А. Совершенствование системы обеспечения безопасности с вирусами I–II групп патогенности: дисс. соиск. д-ра мед. наук. Кольцово, 2008. С. 495.

- посв. 80-летию со дня основания ФГУ «48 ЦНИИ Минобороны России». Киров, 2008. С. 426–428.
17. Тюрин Е.А., Шишкина О.Б. К вопросу использования боксирующих устройств для работ с ПБА I–II групп патогенности в ФГУП ГЕЦЕМ // В кн.: Противочумные учреждения России и их роль в обеспечении эпидемиологического благополучия населения страны: Матер. конф., посв. 70-летию Противочум. центра. М., 2004. С. 275–278.
 18. Тюрин Е.А., Иванов С.А., Маринин Л.И., Дятлов И.А., Ляпин М.Н. Боксирующие устройства, используемые при проведении работ с ПБА I–II групп патогенности // Проблемы особо опасных инфекций. 2010. № 4 (106). С. 23–27.
 19. Health Canada. *The Laboratory Biosafety Guidelines*. 3rd ed. Canada; 2004. Accessed December 7, 2021. <http://ivdc.chinacdc.cn/sysgl/swaq/jszl/201203/P020120323391888995991.pdf>
 20. Colf LA. Preparing for nontraditional biothreats. *Health Secur.* 2016;14(1):7–12. doi: 10.1089/hs.2015.0045
 21. 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). С. 44–48.
 22. Pastorino B, de Lamballerie X, Charrel R. Biosafety and biosecurity in European Containment Level 3 Laboratories: Focus on French recent progress and essential requirements. *Front Public Health.* 2017;5:121. doi: 10.3389/fpubh.2017.00121
- ### References
1. Dobrokhotsky ON. [Biological risk assessment and management when handling pathogenic biological agents.] *Biozashchita i Biobezopasnost'*. 2010;2(3):18–22. (In Russ.)
 2. Dobrokhotskiy ON, Dyatlov IA. The characteristics of health risk analysis when working with pathogenic biological agents. *Health Risk Analysis.* 2013;1(1):24–29. (In Russ.)
 3. Kolombet LV, Dyadishchev NR, Dobrokhotsky ON, Zynoviev GA. Biosafety assurance in laboratories handling pathogenic biological agents based on system approach to biorisk management. *Meditcina Ekstremal'nykh Situatsiy.* 2011;(3(37)):111–118. (In Russ.)
 4. Malyukova TA, Boyko AV, Panin YuA, Bezsmertnyy VE, Kutyrev VV. Probability of biorisk occurrence attached to the performance of work with pathogenic biological agents of the I–II groups of hazard. *Epidemiologiya i Infektsionnye Bolezni.* 2016;21(3):136–145. (In Russ.) doi: 10.18821/1560-9529-2016-21-3-136-145
 5. Lyapin MN. [On techniques of assessing hazard when handling pathogenic biological agents.] *Infektsiya i Immunitet.* 2017;(S):1059. (In Russ.)
 6. Tyurin EA, Khramov MV, Dyatlov IA. Analysis of implementation of the requirements for provision of biological safety at a potentially hazardous facility. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2018;(2):95–100. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2018-2-95-100
 7. Gushchin VA, Manuilov VA, Makarov VV, Tkachuk AP. The proper structure of a biosafety system as a way of reducing the vulnerability of a society, economy or state in the face of a biogenic threat. *Vestnik RGMU.* 2018;(4):5–18. (In Russ.) doi: 10.24075/vrgmu.2018.054
 8. Efremenko DV. Biological safety of public events: features of laboratory diagnostics. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2018;(1):45–52. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-2018-1-45-52
 9. Efremenko DV, Vasilenko NF, Efremenko VI. Biological safety of public events: assessment of external epidemiological threat. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii.* 2019;(2):76–82. (In Russ.) doi: 10.36233/0372-9311-2019-2-76-82
 10. Udovichenko SK, Toporkov VP. On epidemiologic risks, their categories and predictors in sanitary-epidemiologic (biological) emergency situations. *Health Risk Analysis.* 2020;(1):83–91. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2020.1.09.eng
 11. Boles KS, Kannan K, Gill J, et al. Digital-to-biological converter for on-demand production of biologics. *Nat Biotechnol.* 2017;35(7):672–675. doi: 10.1038/nbt.3859
 12. Chernov AN. Current requirements for handling pathogenic biological agents in veterinary laboratories of the Russian Federation. *Veterinarnyy Vrach.* 2016;(2):3–8. (In Russ.)
 13. Chernov AN, Miftakhov NR. [Current requirements for handling pathogenic biological agents in veterinary laboratories of the Russian Federation.] *Aktual'nye Voprosy Sovershenstvovaniya Tekhnologii Proizvodstva i Pererabotki Produktov Sel'skogo Khozyaystva.* 2019;(21):452–454. (In Russ.)
 14. Shishkina OB, Tyurin EA. Air barrier distribution boards of biosafety to protect the environment. *Meditcina Truda i Ekologiya Cheloveka.* 2015;(3):233–240. (In Russ.)
 15. Trashchenko D, Kovaleva M. Individual cells ventilated extra investments or optimal protection of personnel and laboratory animals? *Mezhdunarodnyy Vestnik Veterinari.* 2014;(1):100–103. (In Russ.)
 16. Chekan LV, Tyurin EA. [Biosafety cabinets are a reliable tool for preventing laboratory-acquired infections when working with pathogens of highly hazardous communicable diseases.] In: *Diagnosis, Treatment and Prevention of Hazardous and Highly Hazardous Communicable Diseases. Biotechnology: Proceedings of the All-Russian Conference dedicated to the 80th anniversary of the 48th Central Research Institute of the Russian Ministry of Defense.* Kirov; 2008:426–428. (In Russ.)
 17. Tyurin EA, Shishkina OB. [On the use of biosafety cabinets when handling biological agents of pathogenicity groups I and II in FSUE GETSEM.] In: *Plague Control Institutions in Russia and Their Role in Ensuring Epidemiological Safety of the Population: Proceedings of the All-Russian Conference Dedicated to the 70th Anniversary of the Plague Control Center.* Moscow; 2004:275–278. (In Russ.)
 18. Tiurin EA, Ivanov SA, Marinin LI, Dyatlov IA, Lyapin MN. Biosafety cabinets used in the work with biological agents of I–II pathogenicity groups. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy.* 2010;(4(106)):23–27. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2010-4(106)-23-27
 19. Health Canada. *The Laboratory Biosafety Guidelines*. 3rd ed. Canada; 2004. Accessed December 7, 2021. <http://ivdc.chinacdc.cn/sysgl/swaq/jszl/201203/P020120323391888995991.pdf>
 20. Colf LA. Preparing for nontraditional biothreats. *Health Secur.* 2016;14(1):7–12. doi: 10.1089/hs.2015.0045
 21. Germanchuk VG, Morozov KM, Semakova AP, Shavina NYu. Ensuring biological safety in laboratory for work with the infected animals. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya.* 2016;(12(285)):44–48. (In Russ.)
 22. Pastorino B, de Lamballerie X, Charrel R. Biosafety and biosecurity in European Containment Level 3 Laboratories: Focus on French recent progress and essential requirements. *Front Public Health.* 2017;5:121. doi: 10.3389/fpubh.2017.00121

