

Читать  
онлайн  
Read  
online

Чубирко М.И.<sup>1,4</sup>, Клепиков О.В.<sup>2</sup>, Куролап С.А.<sup>2</sup>, Кульнев В.В.<sup>3</sup>, Кизеев А.Н.<sup>5</sup>,  
Никанов А.Н.<sup>5</sup>, Чашин В.П.<sup>5,6</sup>

## Верификация установления проектных границ седьмой подзоны приаэродромной территории по шумовому и канцерогенному факторам

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, 394036, Воронеж, Россия;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», 394018, Воронеж, Россия;

<sup>3</sup>Центрально-Чернозёмное межрегиональное управление Федеральной службы по надзору в сфере природопользования,  
Воронеж, 394087, Россия;

<sup>4</sup>ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав  
потребителей и благополучия человека, 394038, Воронеж, Россия;

<sup>5</sup>ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия;

<sup>6</sup>ФГАУ ВО «Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики"», 101000, Москва, Россия

**Введение.** Аэродромы и приаэродромные территории являются объектами гигиенической и экологической экспертизы, так как их функционирование сопровождается воздействием на население и окружающую среду неблагоприятных факторов. В связи с этим как на проектной стадии, так и при эксплуатации аэродрома необходима количественная оценка риска для здоровья населения.

**Цель исследования** заключалась в верификации установления проектных границ седьмой подзоны приаэродромной территории по шумовому и канцерогенному факторам.

**Материалы и методы.** В работе использованы проектные материалы установления приаэродромной территории аэродрома гражданской авиации Воронеж (Чертовицкое) и данные инструментального и лабораторного контроля (шумовой фактор, концентрации канцерогенов в атмосферном воздухе), полученные от ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

**Результаты.** Установлено, что на границе седьмой подзоны приаэродромной территории наиболее высокие значения индекса риска по шумовому фактору характерны для риска со стороны сердечно-сосудистой системы (до 0,013), вместе с тем они не превышают уровня низкого риска (менее 0,05). Уровни суммарного индивидуального канцерогенного риска на границе седьмой подзоны приаэродромной территории аэродрома находятся в интервале от  $3,01 \cdot 10^{-8}$  до  $3,56 \cdot 10^{-7}$ ; за пределами седьмой подзоны на границе ближайшей жилой застройки – в пределах от  $3,26 \cdot 10^{-8}$  до  $2,16 \cdot 10^{-7}$ , что классифицируется как величина целевого риска для условий населённых мест в России.

**Ограничения исследования.** Ограничения исследования связаны с тем, что в работе использованы проектные данные, полученные с применением существующих в настоящее время и утверждённых расчётных методов уровня шума и концентраций канцерогенных веществ в приземном слое атмосферного воздуха на приаэродромной территории, а также ограниченное число результатов инструментальных измерений уровня шума и лабораторного контроля содержания канцерогенов в воздухе. При этом нормативно-методическая база оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием изучаемых факторов, постоянно пересматривается и совершенствуется с учётом получения новых данных о влиянии неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье человека.

**Заключение.** Фактор шумового воздействия является определяющим при установлении границ седьмой подзоны приаэродромной территории. Проектные границы седьмой подзоны приаэродромной территории аэродрома гражданской авиации Воронеж (Чертовицкое) по канцерогенному фактору и фактору авиационного шума подтверждены результатами оценки риска для здоровья, инструментальными измерениями уровней авиационного шума и лабораторными исследованиями концентраций канцерогенов в приземном слое воздуха и соответствуют действующим санитарно-гигиеническим и природоохранным требованиям.

**Ключевые слова:** приаэродромная территория; шумовой фактор; канцерогенный фактор; риск для здоровья; экспертиза

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Чубирко М.И., Клепиков О.В., Куролап С.А., Кульнев В.В., Кизеев А.Н., Никанов А.Н., Чашин В.П. Верификация установления проектных границ седьмой подзоны приаэродромной территории по шумовому и канцерогенному факторам. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(8): 878-885. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-878-885> <https://www.elibrary.ru/emcbrn>

**Для корреспонденции:** Кизеев Алексей Николаевич, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург. E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

**Участие авторов:** Чубирко М.И. – сбор материала, разработка идеи исследования, ответственность за целостность всех частей статьи; Клепиков О.В. – анализ проектных данных и данных лабораторных исследований, обобщённый анализ материала; Куролап С.А. – разработка и корректировка дизайна исследования; Кульнев В.В. – подготовка исходных материалов исследования, выводов и заключения, формирование текста статьи; Кизеев А.Н. – анализ данных литературы, формирование текста статьи; Никанов А.Н. – написание и редактирование текста; Чашин В.П. – формирование статьи на заключительном этапе. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках проекта РНФ № 20-17-00172 «Урбэкодиагностика состояния воздушной среды крупных промышленных городов Центрального Черноземья: воздействие шумового фактора, канцерогенные риски и обеспечение экологической безопасности».

Поступила: 17.05.2022 / Принята к печати: 04.08.2022 / Опубликовано: 14.09.2022

Mikhail I. Chubirko<sup>1,4</sup>, Oleg V. Klepikov<sup>2</sup>, Semyon A. Kurolap<sup>2</sup>, Vadim V. Kulnev<sup>3</sup>,  
Alekssei N. Kizeev<sup>5</sup>, Aleksandr N. Nikanov<sup>5</sup>, Valery P. Chashchin<sup>5,6</sup>

## Verification of the establishment of the project borders of the seventh subzone of the near-airdrome territories by noise and carcinogenic factors

<sup>1</sup>Voronezh State Medical University, Voronezh, 394036, Russian Federation;

<sup>2</sup>Voronezh State University, Voronezh, 394018, Russian Federation;

<sup>3</sup>Central Chernozem Interregional Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources, Voronezh, 394087, Russian Federation;

<sup>4</sup>Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region, Voronezh, 394038, Russian Federation;

<sup>5</sup>North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation;

<sup>6</sup>Higher School of Economics, Moscow, 101000, Russian Federation

**Introduction.** Airfields and aerodrome territories are objects of hygienic and environmental expertise, since their functioning is accompanied by the impact of adverse factors on the population and the environment. In this regard, both at the design stage and during the operation of the airfield, a quantitative assessment of the risk to public health is necessary.

**The aim of the study** was to verify the establishment of the design boundaries of the seventh subzone of the aerodrome territory by noise and carcinogenic factors.

**Materials and methods.** The materials used in the work are design materials for the establishment of the aerodrome territory of the Voronezh civil aviation airfield "Voronezh (Chertovitskoye)" and data from instrumental and laboratory control (noise factor, concentrations of carcinogens in atmospheric air) obtained by the Center for Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region.

**Results.** At the border of the seventh subzone of the aerodrome territory, the highest values of the estimated risk index for the noise factor were found to be characteristic of the risk for the cardiovascular system (up to 0.013), at the same time, they do not exceed the low risk level (less than 0.05). The levels of the total individual carcinogenic risk at the border of the seventh subzone of the aerodrome territory of the airfield are in the range from  $3.01 \cdot 10^{-8}$  to  $3.56 \cdot 10^{-7}$ ; outside the seventh subzone at the border of the nearest residential development in the range from  $3.26 \cdot 10^{-8}$  to  $2.16 \cdot 10^{-7}$ , which is classified as the value of the target risk for the conditions of populated places in Russia.

**Limitations.** The limitations of the study are related to the fact that the work uses design data obtained using currently existing and approved calculation methods for noise levels and concentrations of carcinogenic substances in the surface layer of atmospheric air in the aerodrome area, as well as a limited number of results of instrumental measurements of noise levels and laboratory monitoring of carcinogens in the air. At the same time, the regulatory and methodological framework for assessing the risk to public health caused by the impact of the studied factors, taking into account the receipt of new data on the impact of adverse environmental factors on human health, is constantly being revised and improved.

**Conclusion.** The noise impact factor is decisive in establishing the boundaries of the seventh subzone of the aerodrome territory. The design boundaries of the seventh subzone of the aerodrome territory of the "Voronezh (Chertovitskoye)" civil aviation airfield for the carcinogenic factor and the aviation noise factor are confirmed by full-scale laboratory studies of the concentrations of carcinogens in the surface layer of air and instrumental measurements of aircraft noise levels and comply with current sanitary and hygienic and environmental requirements.

**Keywords:** aerodrome territory; noise factor; carcinogenic factor; health risk; expertise

**Compliance with ethical standards.** The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

**For citation:** Chubirko M.I., Klepikov O.V., Kurolap S.A., Kulnev V.V., Kizeev A.N., Nikanov A.N., Chashchin V.P. Verification of the establishment of the project borders of the seventh subzone of the near-airdrome territories by noise and carcinogenic factors. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(8): 878-885. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-8-878-885> <https://elibrary.ru/emcbrn> (in Russian)

**For correspondence:** Alekssei N. Kizeev, MD, PhD, Senior Researcher, Department for Environmental Research and Public Health in the Russian Arctic, North-West Public Health Research Center of Rospotrebnadzor, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation. E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

### Information about authors:

Chubirko M.I., <https://orcid.org/0000-0002-4886-5674>

Klepikov O.V., <https://orcid.org/0000-0001-9228-620X>

Kurolap S.A., <https://orcid.org/0000-0002-6169-8014>

Kulnev V.V., <https://orcid.org/0000-0002-1646-9183>

Kizeev A.N., <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327>

Nikanov A.N., <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721>

Chashchin V.P., <https://orcid.org/0000-0002-2600-0522>

**Contribution:** Chubirko M.I. – collection of material, development of the research idea, responsibility for the integrity and proportionality of all parts of the article; Klepikov O.V. – analysis of design data and laboratory research data, generalized analysis of the material; Kurolap S.A. – development and correction of the research design; Kulnev V.V. – preparation of initial research materials, conclusions and conclusions, formation the text of the article; Kizeev A.N. – analysis of literature data, the formation of the text of the article; Nikanov A.N. – writing and editing the text; Chashchin V.P. – formation of the article at the final stage. All co-authors – approval of the final version of the article.

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

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: May 17, 2022 / Accepted: August 04, 2022 / Published: September 14, 2022

## Введение

Аэродромы и приаэродромные территории являются объектами гигиенической и экологической экспертизы, так как их функционирование сопровождается воздействием на население и окружающую среду неблагоприятных факторов. Авторы многочисленных научных исследований обращают внимание на то, что на территориях, примыкающих к аэропортам, население подвергается воздействию авиационного шума, химического загрязнения атмосферного воздуха, электромагнитных полей [1–21]. Аэродромы и их инфраструктура должны органично вписываться в структуру землепользования и адекватно граничить с другими объектами. Практика землепользования показывает, что прилегающие к аэродромам территории зачастую без должного обоснования переводятся в земли населённых пунктов с различным назначением – от размещения садовых некоммерческих товариществ до индивидуального жилищного строительства, что неизбежно формирует риски нарушения здоровья и комфортности проживания людей.

Седьмая подзона приаэродромной территории – относительно новое понятие, которое законодательно закреплено ст. 4 Федерального закона от 01.07.2017 г. № 135-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования порядка установления и использования приаэродромной территории и санитарно-защитной зоны» (с изменениями и дополнениями) и ст. 47 «Воздушного кодекса Российской Федерации», которой введены новые правила установления границ приаэродромных территорий по семи подзонам. Этими и другими документами, в том числе санитарными нормами и правилами, установлено, что на внешней границе седьмой подзоны приаэродромной территории уровни воздействия неблагоприятных факторов должны соответствовать гигиеническим нормативам территории населённых мест.

Большинство публикаций рассматривает воздействие авиационного шума на население, проживающее вблизи приаэродромных территорий. Так, в статье О.А. Картышева с соавт. показано, что использование только ПДУ шума на территориях жилой застройки недостаточно. Следует применять риск-ориентированный подход оценки воздействия шумового фактора применительно к проблеме защиты от шума при планировании землепользования. Также авторами приведены данные по приаэродромной территории аэропорта Внуково, свидетельствующие, что в условиях сложившейся застройки применение современных шумозоляционных оконных конструкций не может в ночное время обеспечить снижение авиационного шума до нормативного уровня [1]. В статье И.В. Бухтиярова с соавт. показано, что авиационный шум вызывает жалобы населения, проживающего на территориях, примыкающих к аэропортам, в том числе имеющих проекты приаэродромной территории с положительными санитарно-эпидемиологическими заключениями и заключениями государственной экологической экспертизы, что, по мнению авторов, объясняется недостаточностью и нечёткостью требований нормативных и методических документов, действующих в Российской Федерации, в части проведения измерений и оценки авиационного шума на территории жилой застройки. Авторы предлагают уточнение термина «звукового события авиационного шума» и регламентирование продолжительности опорного временного интервала измерения шума [2]. В статье И.Р. Максимова освещены проблемы аэропорта г. Сыктывкара. Приводятся данные, свидетельствующие о том, что в условиях фактически существующей застройки при минимальном расстоянии 250–300 м от мест стоянок воздушных судов до ближайших жилых домов нормы воздействия шумового фактора не могут быть реально обеспечены. Это негативно отражается на состоянии здоровья проживающих людей и требует их переселения [3]. Обобщая материалы других работ по вопросам нормирования и оценки уровня шума на приаэродромных территориях [4–11], а

также международный опыт гигиенического нормирования авиационного шума, рассмотренный в статье В.Е. Крипта с соавт. [12], можно сделать вывод о необходимости проведения оценки риска для здоровья, результаты которой должны выступать в качестве критерия установления седьмой подзоны приаэродромной территории. В.Н. Никитиной с соавт. проведён анализ проектных решений об установлении приаэродромной территории по электромагнитному фактору. Исследование показывает, что зона ограничения мощных радиолокаторов может оказывать влияние на формирование седьмой подзоны приаэродромной территории, особенно при наличии передающих радиотехнических объектов. Радиотехнические средства направленного действия могут быть расположены за границами земельного участка аэродрома, но, как правило, наиболее мощные из них – курсовой радиомаяк и глиссадный радиомаяк – находятся в пределах лётного поля и по расстоянию и контуру не перекрывают воздействия авиационного шума [13].

Воздействие химического фактора на приаэродромных территориях также активно изучается. В проведённых научных исследованиях определены источники загрязнения атмосферного воздуха (воздушные средства и объекты инфраструктуры аэропортов), обоснован перечень приоритетных загрязняющих веществ, к которым отнесены оксид углерода, углеводороды, оксиды азота, сажа, диоксид серы, пары керосина (авиационного топлива), оценены риски для здоровья населения, проживающего вблизи аэродромов, предложены методики расчётов эмиссии авиационных двигателей и моделирования концентраций в приземном слое воздуха [14–17]. Вместе с тем исследования по оценке канцерогенного фактора, связанного с загрязнением атмосферного воздуха на приаэродромных территориях, отсутствуют.

В целом обзор данных научной литературы по проблемам обоснования размеров седьмой подзоны приаэродромной территории, а также действующей законодательной, нормативной и методической базы для обоснования размеров седьмой подзоны приаэродромной территории показал, что основным лимитирующим фактором является авиационный шум. Недавно вышедшие в свет МР 2.5/4.3.0258-21<sup>1</sup> содержат порядок обоснования границ седьмой подзоны приаэродромной территории, проведения их верификации и производственного контроля в части оценки уровня лишь авиационного шума. Тем не менее при проектировании и экспертизе, организации мониторинга нельзя не рассматривать и другие неблагоприятные факторы, присущие приаэродромным территориям, в том числе канцерогенный фактор, который связан не только с эмиссией продуктов сгорания авиационного топлива, но и с наличием в инфраструктуре аэродромов хранилищ топлива, объектов теплоэнергетики, обеспечивающих потребности эксплуатации воздушных судов, зданий и сооружений аэродромного комплекса.

В связи с этим как на проектной стадии, так и при эксплуатации аэродрома необходима количественная оценка риска для здоровья населения, который обусловлен воздействием техногенных факторов на приаэродромных территориях.

*Цель исследований* – верификация установления проектных границ седьмой подзоны приаэродромной территории по шумовому и канцерогенному факторам.

*Задачи исследования:*

- 1) анализ проектных данных установления границ седьмой подзоны приаэродромной территории по фактору шума и канцерогенному фактору;
- 2) верификация проектных данных на основе инструментальных измерений уровня шума и лабораторного контроля концентраций канцерогенов в атмосферном воздухе на приаэродромной территории.

<sup>1</sup> Методические рекомендации МР 2.5/4.3.0258-21 «Методика установления (изменения) седьмой подзоны приаэродромной территории». Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 27.09.2021 г.

## Материалы и методы

В качестве исходных данных использованы материалы проектной документации к «Решению Федерального агентства воздушного транспорта об установлении приаэродромной территории аэродрома гражданской авиации Воронеж (Чертовицкое) ООО «Управляющая компания (УК) "АВИАСЕРВИС"» и экспертного заключения ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» от 19.01.2021 г. № 21ОИ23ФБУЗ/46-1 «По проекту решения об установлении приаэродромной территории аэродрома гражданской авиации Воронеж (Чертовицкое) ООО УК «АВИАСЕРВИС», Россия, Воронежская область, Рамонский район, территория Аэропорта».

Канцерогенный риск оценивали в соответствии с положениями Р 2.1.10.1920-04<sup>2</sup>, риск воздействия шумового фактора – в соответствии с МР 2.1.10.0059-12<sup>3</sup>. Для верификации установления проектных границ седьмой подзоны приаэродромной территории по канцерогенному фактору и фактору авиационного шума использованы данные инструментальных измерений уровня шума и лабораторного контроля содержания канцерогенов в атмосферном воздухе приаэродромной территории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», выполненных в 2021 г.

## Результаты

Основным объектом исследования стал Международный аэропорт Воронеж имени Петра I, осуществляющий приём воздушных судов, их предрейсовое обслуживание и отправку в рейс. Аэропорт расположен в 18 км от центра Воронежа, обслуживает г. Воронеж и его агломерацию, а также города Воронежской области и близлежащих областей.

Максимальная пропускная способность аэропорта – 20 взлётно-посадочных операций в час. В настоящее время (2021 г.) ежесуточно выполняется от 3 до 10 авиарейсов (6–20 взлётно-посадочных операций в сутки). Аэропорт имеет взлётно-посадочную полосу класса В длиной 2300 м и шириной 45 м.

Территория аэропорта в большей части граничит с землями лесного фонда и с землями сельскохозяйственного назначения. Вместе с тем на расстоянии около 600 м южнее границы располагается территория некоммерческого садоводческого товарищества (НСТ) «Авиатор» (земельные участки с видом разрешённого использования для ведения гражданами садоводства и огородничества), а в восточном и юго-восточном направлении в непосредственной близости к территории аэропортового комплекса находится территория НСТ «Стройдеталь».

Расположение вблизи аэропорта садоводческих товариществ «Авиатор», «Стройдеталь» (на расстоянии 600 м от границ лётного поля), а также сёл Медовка (3–4 км) и Чертовицы (1 км) Рамонского района Воронежской области свидетельствует об актуальности оценки риска для здоровья от воздействия авиационного шума и канцерогенного риска для здоровья населения. В зону воздействия аэропорта также попадают с. Ямное, с. Новоживотинное, п. Солнечный, хутор Ветряк, д. Новоподклетное Рамонского района Воронежской области (расстояние от лётного поля до границ жилой застройки – от 3 до 7 км).

Следует отметить, что Решением Федерального агентства воздушного транспорта об установлении приаэродромной территории аэродрома гражданской авиации Воронеж (Чертовицкое) ООО «УК "АВИАСЕРВИС"» (2020 г.) на основании проектных данных установлены границы седьмой

подзоны приаэродромной территории, в том числе по авиационному шуму и уровню загрязнения атмосферного воздуха.

Шумовой фактор, как известно, является определяющим при обосновании внешней границы седьмой подзоны приаэродромной территории.

Расчётные эквивалентные уровни звука на проектной границе седьмой подзоны и территории ближайших жилых застроек Рамонского района Воронежской области, обусловленные воздушными средствами при взлётно-посадочных операциях, показывают отсутствие превышений ПДУ: эквивалентный уровень звука в дневное время составляет 40–45 дБА, в ночное время также от 40 до 45 дБА, эквивалентный уровень средневзвешенного суточного шума – от 46 до 55 дБА.

Для дальнейших расчётов риска использовали полученные результаты средневзвешенного суточного шума  $L_{den}$  на границе седьмой подзоны приаэродромной территории, который определяется с учётом дневных и ночных уровней шума и времени его воздействия.

Для расчёта агрегированного риска от шумового воздействия принят сценарий воздействия длительностью 60 лет. Расчёт выполнен на периоды экспозиции 10; 20; 30; 40; 50 и 60 лет. Риск нарушения здоровья оценивали для органа слуха, сердечно-сосудистой и нервной систем.

Установлено, что значения агрегированного риска ( $R$ ) для органов слуха, нервной и сердечно-сосудистой систем при уровнях шумового воздействия, создаваемого авиапредприятием, близки к фоновому риску или незначительно выше его (табл. 1).

Значения дополнительного риска и оценочного индекса риска нарушений со стороны различных органов и систем с учётом экспозиции шума от воздушных судов при длительности воздействия 60 лет на территории жилой застройки Рамонского района Воронежской области близки к значениям фоновому уровню и относятся к диапазону низкого риска (менее 0,05) в соответствии с положениями МР 2.1.10.0059-12, что в свою очередь означает низкую вероятность развития патологий вышеперечисленных органов и систем у населения, проживающего в зоне влияния авиапредприятия. Наиболее высокие значения оценочного индекса риска характерны для риска со стороны сердечно-сосудистой системы (до 0,013), и они не превышают уровня низкого риска (менее 0,05).

Переходя к оценке канцерогенного фактора, связанного с вероятным присутствием канцерогенов в атмосферном воздухе приаэродромной территории, следует отметить, что в проекте седьмой подзоны приаэродромной территории учтены все источники загрязнения атмосферного воздуха при функционировании аэропортового комплекса, включая арендаторов, – всего 84 источника, а также источники загрязнения при взлётно-посадочных операциях – 442 источника.

Установлено, что в результате производственной деятельности аэродромного комплекса в атмосферный воздух выбрасывается 39 веществ, учтённых в проекте предельно допустимых выбросов (ПДВ) комплекса аэропорта, общим объёмом 274,494 т/год, в том числе 250,363 т/год – от взлётно-посадочных операций воздушных судов. При этом выделено 5 групп суммарий и 6 канцерогенов. Расчётные объёмы выбросов канцерогенных веществ в атмосферный воздух, согласно данным проекта ПДВ, представлены в табл. 2.

Результаты ранжирования поступающих в атмосферный воздух веществ с использованием индекса канцерогенной опасности (HRC), рекомендуемого Р 2.1.10.1920-04, свидетельствуют, что наиболее опасными являются выбросы сажи и тетрахлорэтилена, величина индекса сравнительной канцерогенной опасности и ранг по HRC которых составляют в сумме более 99% (табл. 3).

Оценка канцерогенного риска по расчётным концентрациям (проектные данные) показала, что уровни суммарного канцерогенного риска, обусловленного воздействием шести канцерогенов, выбранных на этапе идентификации опасности (бенз(а)пирена, бензола, сажи, тетрахлорэтилена,

<sup>1</sup> Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. Утверждено Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 05.03.2004 г.

<sup>2</sup> МР 2.1.10.0059-12. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума. Методические рекомендации. Утверждены Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 23.03.2012 г.

Таблица 1 / Table 1

**Значения агрегированного риска нарушений состояния здоровья от шумового воздействия авиапредприятия**  
**The values of the aggregated risk of health disorders due to noise exposure of the airline**

Населённый пункт (контрольная точка на границе жилой застройки) Locality (control point on the border of residential development)	L <sub>ден</sub> , дБ L <sub>ден</sub> , dB	Агрегированный риск от воздействия шумового фактора в зависимости от экспозиции лет, R Aggregated risk from exposure to noise factor depending on exposure years, R					
		10	20	30	40	50	60
<i>Значения агрегированного риска нарушений со стороны органов слуха</i> <i>Values of the aggregated risk of hearing disorders</i>							
Фоновый риск, R <sub>ф</sub> / Background risk, R <sub>f</sub>	—	0.026	0.029	0.033	0.036	0.041	0.045
Контур седьмой подзоны / Contour of the seventh subzone	55.0	0.027	0.031	0.035	0.040	0.045	0.051
с. Ямное / s. Yamnoye	46.0	0.026	0.029	0.033	0.036	0.041	0.045
п. Солнечный / p. Solnechnyj	46.0	0.026	0.029	0.033	0.036	0.041	0.045
с. Чертовицы / s. Chertovicy	51.0	0.026	0.029	0.033	0.036	0.041	0.045
х. Ветряк / h. Vetryak	46.0	0.026	0.029	0.033	0.036	0.041	0.045
с. Новоживотинное / s. Novozhivotinnoe	46.0	0.026	0.029	0.033	0.036	0.041	0.045
д. Новоподклетное / d. Novopodkletnoe	46.0	0.026	0.029	0.033	0.036	0.041	0.045
<i>Значения агрегированного риска нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы</i> <i>Values of the aggregated risk of disorders of the cardiovascular system</i>							
Фоновый риск, R <sub>ф</sub> / Background risk, R <sub>f</sub>	—	0.011	0.017	0.026	0.039	0.060	0.091
Контур седьмой подзоны / Contour of the seventh subzone	55.0	0.011	0.017	0.026	0.039	0.060	0.091
с. Ямное / s. Yamnoye	46.0	0.011	0.017	0.026	0.039	0.060	0.091
п. Солнечный / p. Solnechnyj	46.0	0.011	0.017	0.026	0.039	0.060	0.091
с. Чертовицы / s. Chertovicy	51.0	0.011	0.017	0.026	0.039	0.060	0.091
х. Ветряк / h. Vetryak	46.0	0.011	0.017	0.026	0.039	0.060	0.091
с. Новоживотинное / s. Novozhivotinnoe	46.0	0.011	0.017	0.026	0.039	0.060	0.091
д. Новоподклетное / d. Novopodkletnoe	46.0	0.011	0.017	0.026	0.039	0.060	0.091
<i>Значения агрегированного риска нарушений со стороны нервной системы</i> <i>Values of the aggregated risk for disorders of the nervous system</i>							
Фоновый риск, R <sub>ф</sub> / Background risk, R <sub>f</sub>	—	0.031	0.033	0.036	0.038	0.041	0.044
Контур седьмой подзоны / Contour of the seventh subzone	55.0	0.035	0.042	0.048	0.055	0.063	0.071
с. Ямное / s. Yamnoye	46.0	0.031	0.033	0.036	0.038	0.041	0.044
п. Солнечный / p. Solnechnyj	46.0	0.031	0.033	0.036	0.038	0.041	0.044
с. Чертовицы / s. Chertovicy	51.0	0.031	0.033	0.036	0.038	0.041	0.044
х. Ветряк / h. Vetryak	46.0	0.031	0.033	0.036	0.038	0.041	0.044
с. Новоживотинное / s. Novozhivotinnoe	46.0	0.031	0.033	0.036	0.038	0.041	0.044
д. Новоподклетное / d. Novopodkletnoe	46.0	0.031	0.033	0.036	0.038	0.041	0.044

Таблица 2 / Table 2

**Выброс вредных канцерогенных веществ, поступающих в атмосферный воздух при функционировании международного аэропорта Воронеж**

**The release of harmful carcinogenic substances entering the atmospheric air during the operation of Voronezh International Airport**

Загрязняющее вещество Polluting substance	ПДКм.р. PDKm.r.	Класс опасности Hazard class	Выброс вещества Release of the substance	
			максимальный разовый, г/с maximum one-time, g/s	валовый, т/год gross, t/year
Тетрахлорэтилен (Перхлорэтилен) Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)	0.5	2	0.1888	3.96933
Углерод (сажа) / Carbon (soot)	0.15	3	0.14353	0.63555
Бензол / Benzene	0.3	4	0.01863	0.00182
Формальдегид / Formaldehyde	0.05	2	0.01301	0.00098
Этилбензол / Ethylbenzene	0.02	3	0.00049	4.70 • 10 <sup>-5</sup>
Бенз(а)пирен / Benz(a)pyrene	Не установлена Not installed	1	1.1 • 10 <sup>-6</sup>	1.10 • 10 <sup>-7</sup>

Таблица 3 / Table 3

**Сведения о показателях опасности развития канцерогенных эффектов (SF<sub>i</sub>) и результаты ранжирования выбросов предприятия по степени опасности канцерогенных эффектов (HR<sub>ic</sub>)****Information on the indicators of the risk of carcinogenic effects (SF<sub>i</sub>) and the results of the ranking of emissions of the enterprise by the degree of danger of carcinogenic effects (HR<sub>ic</sub>)**

Вещество Substance	Код CAS CAS Code	SF <sub>i</sub>	HR <sub>ic</sub>	Группа канцерогенов Group of carcinogens		Ранг по HR <sub>ic</sub> Rank by HR <sub>ic</sub>	Вклад в ΣHR <sub>ic</sub> , % Contribution to ΣHR <sub>ic</sub> , %
				МАИР / IARC	EPA		
Сажа / Soot	—	0.0155	63.6	1	—	1	61.39
Тетрахлорэтилен (Перхлорэтилен) Tetrachloroethylene (Perchloroethylene)	127-18-4	0.002	39.7	2A	B2	2	38.34
Бензол / Benzene	71-43-2	0.027	1.82 · 10 <sup>-1</sup>	1	A	3	0.18
Формальдегид / Formaldehyde	50-00-0	0.046	9.78 · 10 <sup>-2</sup>	1	B1	4	0.09
Бенз(а)пирен / Benz(a)pyrene	50-32-8	3.9	1.10 · 10 <sup>-3</sup>	1	B2	5	0.001
Этилбензол / Ethylbenzene	100-41-4	0.00385	4.70 · 10 <sup>-4</sup>	2B	D	6	0.0005

Примечание. Код CAS — код вещества, когда-либо упомянутого в литературе, присвоенный Химической реферативной службой (англ. Chemical Abstracts Service) — подразделением Американского химического общества; SF<sub>i</sub> — фактор канцерогенного потенциала для ингаляционного поступления химических канцерогенов по Р 2.1.10.1920-04; HR<sub>ic</sub> — индекс сравнительной канцерогенной опасности по Р 2.1.10.1920-04; МАИР — международное агентство изучения рака; EPA (Environmental Protection Agency) — Агентство по защите окружающей среды; США.

Note: The CAS code is the code of a substance ever mentioned in the literature, assigned by the Chemical Abstracts Service, a division of the American Chemical Society; SF<sub>i</sub> — factor of carcinogenic potential for inhalation intake; HR<sub>ic</sub> — index of comparative carcinogenic hazard according to Р 2.1.10.1920-04; IARC — International Agency for Cancer Research; EPA (Environmental Protection Agency) — US Environmental Protection Agency.

формальдегида, этилбензола), на проектной границе седьмой подзоны приаэродромной территории и территориях близлежащих садоводческих товариществ и жилой застройки не вызывают опасений. Указанный суммарный канцерогенный риск на границе седьмой подзоны приаэродромной территории (граница соприкасается с территориями садоводческих товариществ) находится в пределах от  $3,01 \cdot 10^{-8}$  до  $3,56 \cdot 10^{-7}$ ; за пределами седьмой подзоны приаэродромной территории — на территории жилой застройки с. Ямное, с. Новоживотинное, п. Солнечный, с. Чертовицы, х. Ветряк, д. Новоподклетное Рамонского района Воронежской области — в пределах от  $3,26 \cdot 10^{-8}$  до  $2,16 \cdot 10^{-7}$  (табл. 4).

Данный уровень канцерогенного риска оценивается как целевой риск для условий населенных мест в России и не требует принятия мер по его снижению.

В 2021 г. ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» выполнены исследования по оценке шумового фактора в наиболее проблемных точках границы седьмой подзоны приаэродромной территории — на границах садоводческих товариществ «Авиатор» и «Стройдеталь», а также с. Чертовицы (всего 3 контрольные точки).

Измерения проводили непосредственно при взлёте и посадке воздушных средств, согласно расписанию полётов, предоставленному администрацией аэропорта. В трёх контрольных точках выполнено по 12 измерений (всего 36 измерений). Установлено, что уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, а также эквивалентные и максимальные уровни звука (дБА) не превышали ПДУ для территории населенных мест. В контрольных точках при взлётно-посадочных операциях эквивалентные уровни звука составили 35–44 дБА, максимальные уровни звука — 56–59 дБА, что не превышает ПДУ, однако выше проектных данных.

Что касается лабораторного контроля концентраций канцерогенов, входящих в область аккредитации ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», то формальдегид, сажа, бензол, бенз(а)пирен не были обнаружены (36 определений каждого вещества), то есть их содержание в приземном слое воздуха составляло меньше чувствительности используемого метода определения (табл. 5).

Таблица 4 / Table 4

**Индивидуальный канцерогенный риск для здоровья от воздействия загрязняющих веществ на приаэродромной территории**  
**Individual carcinogenic health risk from exposure to pollutants in the aerodrome area**

Канцероген Carcinogen	Интервал значений индивидуального канцерогенного риска (расчётные данные), ICR Range of values of individual carcinogenic risk (calculated data), ICR	
	на границе седьмой подзоны on the border of the seventh subzone	на территории ближайшей жилой застройки on the territory of the nearest residential development
Бенз(а)пирен / Benz(a)pyrene	$3,34 \cdot 10^{-12} - 3,45 \cdot 10^{-11}$	$3,34 \cdot 10^{-12} - 3,68 \cdot 10^{-11}$
Бензол / Benzene	$4,36 \cdot 10^{-11} - 4,85 \cdot 10^{-11}$	$4,06 \cdot 10^{-11} - 8,16 \cdot 10^{-11}$
Сажа / Soot	$1,97 \cdot 10^{-8} - 2,20 \cdot 10^{-7}$	$2,17 \cdot 10^{-8} - 1,35 \cdot 10^{-7}$
Тетрахлорэтилен / Tetrachloroethylene	$1,03 \cdot 10^{-8} - 1,36 \cdot 10^{-8}$	$1,08 \cdot 10^{-8} - 8,17 \cdot 10^{-8}$
Формальдегид / Formaldehyde	$3,94 \cdot 10^{-11} - 1,58 \cdot 10^{-10}$	$3,94 \cdot 10^{-11} - 1,18 \cdot 10^{-10}$
Этилбензол / Ethylbenzene	$1,61 \cdot 10^{-13} - 1,79 \cdot 10^{-13}$	$1,50 \cdot 10^{-13} - 3,01 \cdot 10^{-13}$
Суммарный риск ΣICR / Total risk ΣICR	$3,01 \cdot 10^{-8} - 3,56 \cdot 10^{-7}$	$3,26 \cdot 10^{-8} - 2,16 \cdot 10^{-7}$

Таблица 5 / Table 5

**Концентрации канцерогенов в атмосферном воздухе на границах садоводческих товариществ «Авиатор», «Стройдеталь» и с. Чертовицы (приаэродромная территория)**

Concentrations of carcinogens in the atmospheric air at the borders of horticultural associations "Aviator" and "Stroydetal", as well as the village of Chertovitsy (aerodrome territory)

Определяемый показатель Detected indicators	Массовая концентрация вещества Mass concentration of the substance	Результат исследований Research result	Предельно допустимая концентрация Maximum permissible concentrations	
			максимальная разовая maximum one-time	среднесуточная average daily
Формальдегид, мг/м <sup>3</sup> / Formaldehyde, mg/m <sup>3</sup>	< 0.01	< 0.01	0.05	0.01
Углеродсодержащий аэрозоль (сажа), мг/м <sup>3</sup> Carbon-containing aerosol (soot), mg/m <sup>3</sup>	< 0.03	< 0.03	0.15	0.05
Бензол, мг/м <sup>3</sup> / Benzene, mg/m <sup>3</sup>	< 0.001	< 0.001	0.3	0.1
3,4 бенз(а)пирен, мг/м <sup>3</sup> / 3.4 benz(a)pyrene, mg/m <sup>3</sup>	< 0.000005	< 0.000005	–	0.000001

**Обсуждение**

Как и для любого исследования, процесс и результат оценки риска для здоровья населения имеют неопределённости, связанные с применением стандартных формул расчёта уровней экспозиции и рисков. Проектирование седьмой подзоны приаэродромной территории действующего аэродрома – это задача со многими переменными и неопределённостями. Методики её установления требуют совершенствования и чёткой трактовки терминов звукового события авиационного шума и регламентирования продолжительности опорного временного интервала измерения шума [2, 19, 21]. Контур седьмой подзоны не может быть правильной фигурой, и необходимо достижение компромисса между операторами аэродромов, обеспечивающими их функционирование, проектировщиками, разрабатывающими документацию по установлению её границ, контролирующими организациями (Роспотребнадзор, Росприроднадзор), осуществляющими экспертизу на этапах проектирования и надзор за соблюдением её режима и ограничениями строительства после её установления, а главное, необходим учёт мнения жителей близкорасположенных населённых пунктов.

Сравнивая полученные результаты с данными других авторов, можно констатировать, что аэродром гражданской авиации аэропорта Воронеж (Чертовицкое) с санитарно-гигиенических позиций находится в лучшем положении, чем более крупные авиатерминалы Российской Федерации и зарубежья [18–21]. Прежде всего это связано со значительным расстоянием (3–7 км) от лётного поля до населённых пунктов, за исключением с. Чертовицкое и садоводческих товариществ. Село Чертовицкое, а также СНТ «Стройдеталь» имеют естественную шумовую защиту в виде лесного массива, расположены под углом 70–90 градусов к взлётно-поса-

дочной полосе и ниже по рельефу местности, а территория СНТ «Авиатор», расположенная по отношению к оси взлётно-посадочной полосы под углом 80–90 градусов, отделена от лётного поля складскими строениями высотой 7–10 м, что значительно снижает уровень воздействующего шума.

**Ограничения исследования** связаны с тем, что в работе использованы проектные данные, полученные с применением существующих в настоящее время и утверждённых расчётных методов уровня шума и концентраций канцерогенных веществ в приземном слое атмосферного воздуха на приаэродромной территории, а также ограниченное число результатов инструментальных измерений уровня шума и лабораторного контроля содержания канцерогенов в воздухе. При этом нормативно-методическая база оценки риска для здоровья, обусловленного воздействием на население изучаемых факторов, постоянно пересматривается и совершенствуется с учётом новых данных о влиянии неблагоприятных факторов окружающей среды на здоровье человека.

**Заключение**

Авторами показано, что проектные границы седьмой подзоны приаэродромной территории по фактору авиационного шума и канцерогенному фактору подтверждаются результатами количественной оценки риска для здоровья, выполненными инструментальными измерениями уровня авиационного шума и лабораторными исследованиями концентраций канцерогенов в приземном слое воздуха, а проект решения об установлении седьмой подзоны приаэродромной территории для аэродрома гражданской авиации Воронеж (Чертовицкое) ООО УК «АВИАСЕРВИС», Россия, Воронежская область, Рамонский район, соответствует действующим санитарно-гигиеническим и природоохранным требованиям.

**Литература**

1. Картышев О.А., Николайкин Н.И. Критерии оценки авиационного шума для зонирования приаэродромной территории аэропортов и обоснования защитных мероприятий. *Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации*. 2017; 20(3): 30–40.
2. Бухтияров И.В., Курьеров Н.Н., Лагутина А.В., Прокопенко Л.В., Зибарев Е.В. Авиационный шум на территории жилой застройки, проблемы измерений и оценки. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(10): 1042–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1042-1048>
3. Максимов Р.И. Негативное влияние авиационного шума на здоровье населения, проживающего вблизи аэропорта. *Интерактивная наука*. 2021; (7): 26–8. <https://doi.org/10.21661/г-554648>
4. Харитонов В.В., Солдатов С.К., Драган С.П., Богомолов А.В., Шешегов П.М., Зинкин В.Н. и др. Обоснование требований к средствам коллективной защиты от авиационного шума. *Безопасность жизнедеятельности*. 2021; (6): 3–13.
5. Денисов С.Л., Остриков Н.Н., Гранич В.Ю. Проблемы снижения шума авиационных силовых установок с помощью эффекта экранирования. *Акустический журнал*. 2021; 3(67): 298–302. <https://doi.org/10.31857/S0320791921030023>
6. Кошурников Д.Н. Оценка риска как критерий установления седьмой подзоны приаэродромной территории. В кн.: Попова А.Ю., Зайцева Н.В., ред. *Фундаментальные и прикладные аспекты анализа риска здоровью населения. Материалы всероссийской научно-практической интернет-конференции молодых ученых и специалистов Роспотребнадзора с международным участием*. Пермь; 2019: 29–33.
7. Зибров Г.В., Умывакин В.М., Матвиец Д.А. Геокавалитметрический анализ уровня акустической дискомфортности приаэродромных территорий на основе интегральной оценки опасности шумового загрязнения окружающей среды. *Естественные и технические науки*. 2019; (12): 233–6. <https://doi.org/10.25633/ETN.2019.12.29>
8. Зибарев Е.В., Висмонт Н.В., Слюсарева О.В. Проблемы определения границ седьмой подзоны в проектах установления приаэродромных территорий. В кн.: *Современные проблемы медицины труда. Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 80-летию академика РАН Н.Х. Амирова*. Казань; 2019: 78–80.

## Original article

9. Драган С.П., Дроздов С.В., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Шишов А.А., Зинкин В.Н. и др. Обоснование методических подходов к определению границ санитарно-защитных зон приаэродромной территории по уровню шумового воздействия. *Авиакосмическая и экологическая медицина*. 2021; 55(5): 85–93. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2021-55-5-85-93>
10. Филимонова О.Н., Клепиков О.В., Куролап С.А., Енюткина М.В., Хорпякова Т.В., Синюков В.В. Обзор проблемных вопросов оценки воздействия факторов техногенного риска при обосновании размеров седьмой подзоны приаэродромной территории. *Естественные и технические науки*. 2021; (6): 110–6.
11. Крийт В.Е., Фридман К.Б., Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В., Кузнецова Е.Б. Отечественный и международный опыт гигиенического нормирования авиационного шума (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2020; 99(6): 538–44. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-6-538-544>
12. Лебедев К.Ю., Кирьянова М.Н. Актуальные вопросы гигиенического нормирования седьмой подзоны приаэродромных территорий. *Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2021; 16(1): 215–24.
13. Никитина В.Н., Калинина Н.И., Ляшко Г.Г., Панкина Е.Н., Плеханов В.П. Анализ проектных решений об установлении приаэродромной территории по электромагнитному фактору. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(6): 557–62. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-6-557-562>
14. Голубева А.О., Ларичкин В.В., Коротаева Т.А. Численный расчет рассеивания загрязняющих веществ от эксплуатации самолетов на прилегающих к аэропортам и аэродромам территориях. *Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации*. 2014; (1): 52–61.
15. Кулаков С.Ю., Базарский О.В. Методика расчета уровня загрязнения атмосферы авиационными двигателями воздушных судов. *Фундаментальные исследования*. 2014; (8–7): 1617–21.
16. Лазарев И.С., Кочетова Ж.Ю., Базарский О.В., Бакланов И.О. Расчёт и оценка загрязнения приаэродромных территорий топливом при работе двигателей самолетов в форсажном режиме. В кн.: *Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Материалы IV Международной научной конференции*. Донецк; 2019: 72–4.
17. Маслов В.А., Дзюбенко О.Л. Методика прогнозирования формирования уровней загрязнения окружающей воздушной среды аэродромов и прилегающих территорий. *Современные научные исследования и инновации*. 2012; (10): 9.
18. Ивашкина И.В., Ткаченко Л.Я., Кирышина Н.К. Приаэродромные территории: российский реалии и зарубежный опыт. *Экология урбанизированных территорий*. 2021; (3): 91–102. <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2021-3-91-102>
19. Картышев О.А., Пинигин М.А. Современные проблемы установления и использования седьмой подзоны приаэродромной территории. В кн.: *Современные проблемы оценки, прогноза и управления экологических рисками здоровью населения и окружающей среды, пути их рационального решения: Материалы III Международного форума Научного совета Российской Федерации по экологии человека и гигиене окружающей среды*. М.; 2018: 165–70.
20. Зырянова У.П., Гусарова В.С., Горская Э.Ю. Шумовое воздействие воздушных судов на прилегающие к территории аэродрома застройки. *Вестник Ульяновского государственного технического университета*. 2021; (1): 32–9.
21. Май И.В., Кошурников Д.Н., Седусова Э.В. Проблемы проведения экспертизы проекта решения об установлении приаэродромной территории. В кн.: *Попова А.Ю., Зайцева Н.В., ред. Анализ риска здоровью – 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Пермь; 2020: 148–52.

## References

1. Kartyshev O.A., Nikolaykin N.I. Criteria of the aviation noise assessment for aerodrome environs zoning of the airports and protective measures justification. *Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoy aviatsii*. 2017; (3): 30–40. (in Russian)
2. Bukhtiyarov I.V., Kurerov N.N., Lagutina A.V., Prokopenko L.V., Zibarev E.V. Aircraft noise in residential areas, problems of measuring and evaluation. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(10): 1042–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1042-1048> (in Russian)
3. Maksimov R.I. The negative impact of aviation noise on the health of the population living near the airport. *Interaktivnaya nauka*. 2021; (7): 26–8. <https://doi.org/10.21661/ir-554648> (in Russian)
4. Kharitonov V.V., Soldatov S.K., Dragan S.P., Bogomolov A.V., Sheshegov P.M., Zinkin V.N., et al. Justification of the requirements for collective protection against aircraft noise. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2021; (6): 3–13. (in Russian)
5. Denisov S.L., Ostrikov N.N., Granich V.Yu. Problems of noise reduction of aircraft power plants using the shielding effect. *Akusticheskiy zhurnal*. 2021; 3(67): 298–302. <https://doi.org/10.31857/S0320791921030023> (in Russian)
6. Koshurnikov D.N. Risk assessment as a criterion for establishing the seventh subzone of the aerodrome territory. Fundamental and applied aspects of public health risk analysis. In: *Popova A.Yu., Zaytseva N.V., eds. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Specialists of Rosпотребнадзор with International Participation [Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii molodykh uchennykh i spetsialistov Rosпотребнадзора s mezhdunarodnym uchastiem]*. Perm'; 2019: 29–33. (in Russian)
7. Zibrov G.V., Umyvakina V.M., Matviets D.A. Geo qualimetric analysis of the level of acoustic discomfort near aerodrome territories on the basis of an integrated assessment of the danger of noise pollution of the environment. *Estestvennye i tekhnicheskije nauki*. 2019; (12): 233–6. <https://doi.org/10.25633/ETN.2019.12.29> (in Russian)
8. Zibarev E.V., Vismont N.V., Slyusareva O.V. Problems of defining the boundaries of the seventh subzone in the projects of establishing aerodrome territories. In: *Modern Problems of Occupational Medicine. Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference Dedicated to the 80th Anniversary of Academician N.H. Amirov [Sovremennye problemy meditsiny truda. Materialy vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letiyu akademika RAN N.Kh. Amirova]*. Kazan'; 2019: 78–80. (in Russian)
9. Dragan S.P., Dроздов С.В., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Шишов А.А., Зинкин В.Н., et al. Substantiation of methodical approaches to defining borders of sanitary noise protection zones in aerodrome surroundings. *Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya meditsina*. 2021; 55(5): 85–93. <https://doi.org/10.21687/0233-528X-2021-55-5-85-93> (in Russian)
10. Filimonova O.N., Klepikov O.V., Kurolap S.A., Enyutina M.V., Khorpyakova T.V., Sinyukov V.V. Review of the problem issues of assessment of the impact of hazardous risk factors when justification of the size of the seventh subzone of the aerodrome area. *Estestvennye i tekhnicheskije nauki*. 2021; (6): 110–6. (in Russian)
11. Kрийт В.Е., Фридман К.Б., Сладкова Ю.Н., Волчкова О.В., Кузнецова Е.Б. National and international experience of hygienic regulation of aircraft noise (literature review). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(6): 538–44. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-6-538-544> (in Russian)
12. Lebedev K.Yu., Kiryanova M.N. Current issues of hygiene rationing of the seventh subzone of the aerodrome territories. *Zdorov'ye – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya*. 2021; 16(1): 215–24. (in Russian)
13. Nikitina V.N., Kalinina N.I., Lyashko G.G., Pankina E.N., Plekhanov V.P. Analysis of design decisions on establishing an aerodrome territory based on the electromagnetic factor. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(6): 557–62. <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-6-557-562> (in Russian)
14. Golubeva A.O., Larichkin V.V., Korotaeva T.A. Numerical calculation of the dispersion of pollutants from the operation of aircraft around airports and airfield territories. *Doklady Akademii nauk vysshey shkoly Rossiyskoy Federatsii*. 2014; (1): 52–61. (in Russian)
15. Kulakov S.Yu., Bazarskiy O.V. Design procedure of concentration of polluting substances in atmosphere in the conditions of carrying over of the cloud from aviation engines of aircrafts. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014; (8–7): 1617–21. (in Russian)
16. Lazarev I.S., Kochetova Zh.Yu., Bazarskiy O.V., Baklanov I.O. Calculation and assessment of pollution of aerodrome territories with fuel during operation of aircraft engines in afterburner mode. In: *Donetsk Readings 2019: Education, Science, Innovation, Culture and Modern Challenges. Materials of the IV International Scientific Conference [Donetskkiye chteniya 2019: obrazovanie, nauka, innovatsii, kul'tura i vyzovy sovremennosti. Materialy IV Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii]*. Donetsk; 2019: 72–4. (in Russian)
17. Maslov V.A., Dzyubenko O.L. Methodology for forecasting the formation of pollution levels of the surrounding air environment of airfields and adjacent territories. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii*. 2012; (10): 9. (in Russian)
18. Ivashkina I.V., Tkachenko L.Ya., Kiryushina N.K. Areas around airport: Russian realities and foreign practice. *Ekologiya urbanizirovannykh territoriy*. 2021; (3): 91–102. <https://doi.org/10.24412/1816-1863-2021-3-91-102> (in Russian)
19. Kartyshev O.A., Pinigin M.A. Modern problems of establishing and using the seventh subzone of the aerodrome territory. В кн.: *Modern Problems of Assessment, Forecasting and Management of Environmental Risks to Public Health and the Environment, Ways of Their Rational Solution: Materials of the III International Forum of the Scientific Council of the Russian Federation on Human Ecology and Environmental Hygiene [Sovremennye problemy otsenki, prognoza i upravleniya ekologicheskimi riskami zdorov'yu naseleniya i okruzhayushchey sredy, puti ikh ratsional'nogo resheniya: Materialy III Mezhdunarodnogo foruma Nauchnogo sovet Rossiyskoy Federatsii po ekologii cheloveka i gigiene okruzhayushchey sredy]*. Moscow; 2018: 165–70. (in Russian)
20. Zyryanova U.P., Gusarova V.S., Gorskaya E.Yu. Noise impact of aircraft on the aerodrome-adjacent land areas. *Vestnik Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2021; (1): 32–9. (in Russian)
21. May I.V., Koshurnikov D.N., Sedusova E.V. Problems of the examination of the draft decision on the establishment of the aerodrome territory. In: *Popova A.Yu., Zaytseva N.V., eds. Health Risk Analysis 2020 in Conjunction with the International Meeting on Environment and Health Rise 2020 and the Round Table on Food Safety. Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Analiz riska zdorov'yu – 2020 sovmestno s mezhdunarodnoy vstrechey po okruzhayushchey sredy i zdorov'yu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya. Materialy X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. Perm'; 2020: 148–52. (in Russian)