

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.17>**УЧЕТ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЗВУКА В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ, ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ РАЗМЕРОВ СЕДЬМОЙ ПОДЗОНЫ ПРИАЭРОДРОМНОЙ ТЕРРИТОРИИ**

Научная статья

Янкина К.Ю.¹, Зиброва Н.В.², Силютин Е.В.³, Клепиков О.В.^{4,*}³ORCID : 0000-0002-7241-9404;⁴ORCID : 0000-0001-9228-620X;^{1, 2, 3, 4} Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, Воронеж, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (klepa1967[at]rambler.ru)

Аннотация

Целью работы являлось обоснование алгоритма учета факторов, влияющих на распространение звука в различных природно-климатических условиях, для обоснования размеров седьмой подзоны приаэродромной территории. Основным методом — экспертные оценки, обработанные методом Саати (методом анализа иерархий). В работе проведено ранжирование факторов (высота растительности, густота растительности, неровность поверхности, температура атмосферного воздуха, влажность, ветер), влияющих на распространение звуковой волны от источника авиационного шума в разных природно-климатических зонах (лес, лесостепь, степь). Для этого были составлены матрицы парных сравнений факторов для каждой природно-климатической зоны и рассчитаны коэффициенты значимости приоритетов.

Разработанная методика выявления и ранжирования критериев экологического риска с учетом различных природно-климатических условий (лес, лесостепь, степь) позволяет провести оценку основных факторов, влияющих на распространение звуковой волны в зоне воздействия военного аэродрома, а также дать рекомендации по обоснованию размеров седьмой подзоны приаэродромной территории при разных природно-климатических условиях.

Ключевые слова: авиационный шум, седьмая подзона, распространение звука, природно-климатические условия, матрица парных сравнений, коэффициент значимости факторов.

ACCOUNTING FOR FACTORS AFFECTING SOUND DISTRIBUTION IN DIFFERENT NATURAL AND CLIMATIC CONDITIONS TO SUBSTANTIATE THE SIZE OF THE SEVENTH SUBZONE OF THE AERODROME AREA

Research article

Yankina K.Y.¹, Zibrova N.V.², Silyutina Y.V.³, Klepikov O.V.^{4,*}³ORCID : 0000-0002-7241-9404;⁴ORCID : 0000-0001-9228-620X;^{1, 2, 3, 4} N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin Air Force Academy, Voronezh, Russian Federation

* Corresponding author (klepa1967[at]rambler.ru)

Abstract

The aim of the work was to substantiate the algorithm of taking into account the factors affecting sound distribution in different natural and climatic conditions to substantiate the size of the seventh subzone of the aerodrome area. The main method is expert evaluations processed by Saaty method (method of hierarchy analysis). In this work, the factors (vegetation height, vegetation density, surface roughness, atmospheric air temperature, humidity, wind) influencing the sound wave distribution from the source of aircraft noise in different natural-climatic zones (forest, forest-steppe, steppe) were ranked. For this purpose, pairwise comparisons matrices of factors for each natural-climatic zone were compiled and significance coefficients of priorities were calculated.

The developed methodology of identification and ranking of environmental risk criteria taking into account different natural and climatic conditions (forest, forest-steppe, steppe) makes it possible to evaluate the main factors influencing the propagation of sound waves in the impact zone of a military aerodrome, and also to give recommendations on substantiation of the size of the seventh subzone of the aerodrome territory under different natural and climatic conditions.

Keywords: aviation noise, seventh subzone, sound distribution, natural-climatic conditions, pairwise comparison matrix, factor significance coefficient.

Введение

Термин седьмой подзоны приаэродромной территории (ПАТ) — границы территории, на которой устанавливаются ограничения использования земельных участков в целях предотвращения воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды на население, был введен в 2017 году и в последующем закреплён в актуализированной редакции Воздушного кодекса Российской Федерации от 19.03.1997 №60-ФЗ. Последние изменения в термин внесены Федеральным законом от 11.06.2021 № 191-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и касались конкретизации показателя негативного воздействия, а именно «несоответствия эквивалентного уровня звука, возникающего в связи с полетами воздушных судов, санитарно-эпидемиологическим требованиям». При этом опыт первых проведенных работ по установлению седьмой подзоны ПАТ по совокупности неблагоприятных

факторов указал на то, что лимитирующим фактором её установления является авиационный шум, а химическое загрязнение и электромагнитные воздействия, связанные с функционированием аэродромов не выступают приоритетными неблагоприятными факторами, что привело к изменению определения самого термина седьмой подзоны ПАТ, в части, что она определяется не по совокупности неблагоприятных факторов, а только по уровню шумового воздействия, а также последующему развитию методической базы для её установления [1], [3], [5], [6]. Кроме того, необходимо применение мер сбалансированного подхода, документов, руководств и директив Международной организации гражданской авиации (ИКАО) к управлению авиационным шумом при обосновании и контроле размеров шумовой зоны приаэродромной территории [7].

Вместе с тем, несмотря на последующее развитие нормативно-методической базы для установления границ седьмой подзоны ПАТ, и, в частности, разработки и утверждения МР 2.5/4.3.0258-21 [8], до настоящего времени практическое решение задачи осложнено нестыковками в нормативных документах и несовершенством алгоритмов её обоснования.

Так, в статье О.А. Каргышева (2022), на примере анализа проекта седьмой подзоны ПАТ аэродрома Омска (Центральный), указывается, что расчетные данные по уровню шума не совпадают с фактическими измерениями, т.к. не учтены особенности фактической эксплуатации аэродрома, в том числе закономерности изменения шума от самолетов в период набора высоты и снижении [9]. В другой своей статье этот же автор, на примере аэродромов, обслуживающих города Крайнего Севера, указывает на необходимость разработки дифференцированных обязательных требований к установлению ПАТ с учетом географического положения аэродромов, интенсивности полетов и типов воздушных судов [10]. В исследовании И.В. Май с соавт. (2024) предлагается при установлении седьмой подзоны ПАТ проводить оценку риска для здоровья населения по МР 2.1.10.0059-12 в сочетании с моделированием уровней шума в среднегодовой летный день с наибольшей интенсивностью и эпидемиологическим анализом данных обращаемости населения за медицинской помощью, проживающего в зонах воздействия аэродромов [11], [12].

Еще одним аспектом является эксплуатация военных аэродромов, т.к. военная и специальная техника, в первую очередь авиационная техника, становится одним из главных факторов, оказывающих влияние на экологическую среду, приводящее к сильному физическому воздействию (распространению звуковых волн авиационного шума) на прилегающей приаэродромной территории.

Таким образом, можно говорить о том, что нормативно-методическая база для установления границ седьмой подзоны ПАТ постоянно совершенствуется, что определяет необходимость разработки комплексных экологических оценок, позволяющих одновременно оценивать воздействие физических факторов на окружающую среду, здоровье военнослужащих и гражданского населения.

Целью работы являлось обоснование алгоритма учета факторов, влияющих на распространение звука в различных природно-климатических условиях, для обоснования размеров седьмой подзоны ПАТ.

Методы и принципы исследования

Для определения зон шумового воздействия и последующего расчета уровня авиационного шума, как фактора влияющего на здоровье населения и военнослужащих, проживающего или дислоцирующегося в зонах воздействия ПАТ, необходимо разработать алгоритм и методическую схему проведения оценки шумового воздействия с учетом закономерностей и особенностей факторов, влияющих на распространение звука в различных природно-климатических условиях.

В условиях неполноты информации мы использовали метод экспертных оценок. Наиболее надежный метод получения экспертных оценок считается метод Саати (метод анализа иерархий). Данный метод заключается в разделении на составные части проблемы и последующей ее обработки методом парных сравнений [13].

Основными факторами, влияющими на распространение звуковой волны в зоне воздействия аэродрома в лесной, лесостепной и степной зонах являются: высота растительности, густота растительности, ветер, влажность, неровность поверхности и температура атмосферного воздуха в приземном слое. Эти факторы по-разному воздействуют на распространение звуковой волны.

Основные результаты

На рисунке 1 представлена иерархическая модель оценки распространения звука в различных природно-климатических условиях.



Рисунок 1 - Иерархическая модель оценки распространения звука в различных природно-климатических условиях
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.17.1>

Приоритеты элементов 1-го уровня иерархии определяются из матрицы парных сравнений относительно цели 0-го уровня. Приоритеты показателей элементов иерархии 2-го уровня определяются из матрицы парных сравнений 2-го уровня относительно элементов иерархии 1-го уровня.

Таким образом, заполняется матрица A размером $n \times n$ по формуле 1, где n – количество сравниваемых объектов:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

При сравнении объектов матрица заполняется элементами a_{ij} согласно формуле 2:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & O_i < O_j \\ 1, & O_i \sim O_j \\ 2, & O_i > O_j \end{cases} \quad (2)$$

где знак «<» означает, что объект, стоящий слева от знака менее предпочтителен по сравнению с объектом, стоящим справа от знака.

Сумма (по строке) в данном случае позволяет оценить относительную значимость объектов. Тот объект, для которого сумма окажется наибольшей, может быть признан наиболее важным (значимым) [14].

Заполнение матрицы A экспертами происходит при попарном сравнении природно-климатических зон на первом уровне и частных факторов на втором уровне, согласно рисунку 1. Например, для фактора — неровность поверхности матрица парных сравнений, будет иметь размер 3×3 и включать в себя 9 природно-климатических полей: лес-лесостепь, лес-степь, лес-лес, степь-лесостепь, степь-лес, степь-степь, лесостепь-лес, лесостепь-степь, лесостепь-лесостепь.

После проведения экспертами всех парных сравнений вычисляется вектор приоритетов по данной матрице, используя следующий подход [13]:

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{m=1}^3 a_{im}} \quad (3)$$

где a_{ij} — элементы каждого столбца,

$\sum_{m=1}^3 a_{im}$ — сумма элементов этого столбца.

$$C_j = \frac{\sum_{i=1}^3 x_{ij}}{3} \quad (4)$$

где $\sum_{i=1}^3 x_{ij}$ — сумма элементов по строкам,

3 — число элементов строки.

Согласно формулам (3)–(4), рассчитываются векторы приоритетов с учетом различных природно-климатических условий. Следует отметить, что все матрицы, составленные экспертами, являются согласованными, и их отношения не превышают 0,2 [13]. На основе полученных данных построена гистограмма зависимости частных факторов иерархии от векторов приоритетов (рисунок 5).

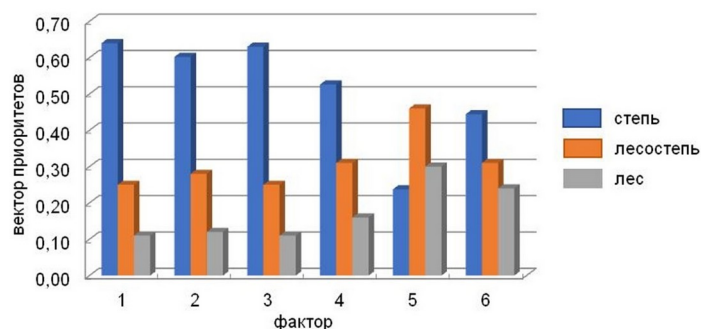


Рисунок 2 - Приоритетные факторы, оказывающие влияние на распространение звуковой волны в лесостепной зоне:

1 – ветер; 2 – высота растительности; 3 – густота растительности; 4 – влажность; 5 – неровность поверхности; 6 – температура

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.17.2>

В лесостепной зоне неровность поверхности, вектор приоритета которой находится в пределах 0,4–0,6, эффективно влияет на распространение звуковой волны от военного аэродрома. При этом ровная поверхность способствует распределению звуковой волны от источника шума на большее расстояние с меньшим затуханием. Все остальные факторы приоритетов, такие как ветер, влажность и температура, векторы приоритетов находятся в диапазоне 0,2–0,4. Следует отметить, что высота и густота растительности, имеющие высокие векторы приоритетов, равные, соответственно, 0,23 и 0,20, наоборот, препятствуют распределению звуковой волны от источника шума на приаэродромной территории в лесостепной зоне, поэтому в дальнейшем будут рассматриваться как вектор снижения приоритета.

В степной зоне на распространение звуковой волны в зоне воздействия военного аэродрома оказывают следующие факторы – ветер, высота и густота растительности с векторами приоритетов 0,64, 0,60 и 0,63, соответственно. При этом наличие порывов ветра от источника шума увеличивает распространение звуковой волны на большие расстояния. Полосы зеленых насаждений оказывают обратное действие: чем выше и гуще зеленые насаждения, тем сильнее затухание звуковой волны. Следует отметить, что векторы приоритетов для факторов — влажность и температура находятся в диапазоне от 0,4 до 0,6.

После нормирования векторов приоритетов в лесной, лесостепной и степной зонах рассчитан коэффициент значимости приоритетных факторов, составивший 0,20, 0,33 и 0,46, соответственно.

Обсуждение

В лесной зоне коэффициент значимости составил 0,20, что свидетельствует о незначительном влиянии воздействий аэродрома в лесной зоне на население. Следует отметить, что фактор высоты и густоты растительности, обладающих шумозащитным эффектом, являются векторами снижения приоритетов (т.е. факторами однозначно положительно влияющими на уменьшение распространения звуковой волны).

В лесостепной зоне коэффициент значимости равен 0,33, что соответствует умеренному влиянию функционирования аэродрома на население. Из мероприятий по устранению негативных последствий предполагается постоянный мониторинг шумовой нагрузки, планирование мероприятий, направленных на устранение или уменьшение вредного воздействия на человека.

Коэффициент значимости фактора приоритета в степной зоне, равный 0,46, свидетельствует о том, что звуковая волна в зоне воздействия военного аэродрома значимо зависит от всех рассматриваемых факторов. Кроме того, наличие сильных порывов ветра от источника шума в сторону жилой застройки, высокой положительной температуры и высокой влажности приводит к увеличению распространения звуковой волны на большие расстояния с меньшим затуханием. Кроме того, высокий коэффициент значимости факторов приоритетов может способствовать возникновению высоких рисков для здоровья от воздействия аэродрома в степной зоне. В таком случае предусмотрено проведение программы мониторинга шумовой нагрузки с дополнительными исследованиями в местах и в периоды максимальных уровней шума, планирование мероприятий, направленных на устранение или уменьшение вредного воздействия на человека.

Заключение

Таким образом, разработанная методика выявления и ранжирования критериев экологического риска с учетом различных природно-климатических условий (лес, лесостепь, степь) позволяет провести оценку основных факторов, влияющие на распространение звуковой волны в зоне воздействия гражданских и военных аэродромов, а также дать рекомендации по проведению мероприятий, направленных на снижение вредного воздействия на население и личный состав воинских частей, обслуживающих военные аэродромы. Учет различных природно-климатических условий необходим при проектировании и окончательном установлении седьмой границы приаэродромной территории и может быть полезен при совершенствовании нормативно-методической базы обоснования её границ.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Мишкин Д.В., Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.17.3>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Mishkin D.V., Pacific National University, Khabarovsk Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.158.17.3>

Список литературы / References

1. Зибров Г.В. Геокалиметрический анализ уровня акустической дискомфортности приаэродромных территорий на основе интегральной оценки опасности шумового загрязнения окружающей среды / Г.В. Зибров, В.М. Умывакин, Д.А. Матвиец // Естественные и технические науки. — 2019. — № 12 (138). — С. 233–236. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41854321> (дата обращения: 19.06.2025). — DOI: 10.25633/ETN.2019.12.29.
2. Май И.В. Проблемы проведения экспертизы проекта решения об установлении приаэродромной территории / И.В. Май, Д.Н. Кошурников, Э.В. Седусова // 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. В 2-х томах, Пермь, 13–15 мая 2020 года / Под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. — Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. — № 1. — С. 148–152. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42889728> (дата обращения: 19.06.2025).
3. Филимонова О.Н. Обзор научной литературы по проблемам оценки факторов риска для здоровья населения при обосновании размеров седьмой подзоны приаэродромной территории / О.Н. Филимонова, М.В. Енютина, О.В. Клепиков [и др.] // Гигиенические и экологические аспекты профилактики заболеваемости на региональном уровне : Сборник статей по итогам VI межвузовской научно-практической конференции, приуроченной к году науки и технологии, Воронеж, 25 марта 2021 года. — Воронеж: Цифровая полиграфия, 2021. — С. 66–72. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44882462> (дата обращения: 19.06.2025).
4. Картышев О.А. Особенности оценки неблагоприятного воздействия на окружающую среду при эксплуатации аэропортов местных воздушных линий / О.А. Картышев, И.Г. Дмовский, А.А. Аверкиев [и др.] // Научный вестник ГосНИИ ГА. — 2021. — № 34. — С. 59–67. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45620761> (дата обращения: 19.06.2025).
5. Беспалов М.С. Трудности обоснования границ 7-й подзоны приаэродромной территории / М.С. Беспалов, Е.Ю. Оселедец, Е.С. Радионова // Экология производства. — 2021. — № 11 (208). — С. 60–63. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48694726> (дата обращения: 19.06.2025).
6. Симакова Т.Н. Формирование земельного участка с особыми условиями использования территории (на примере приаэродромной территории гражданского аэродрома "Плеханово") / Т.Н. Симакова // International Agricultural Journal. — 2021. — № 64 (5). — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47151669> (дата обращения: 19.06.2025). — DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10375.
7. Картышев М.О. Применение мер сбалансированного подхода ИКАО к управлению авиационным шумом при обосновании и контроле размеров шумовой зоны приаэродромной территории / М.О. Картышев // Научный вестник ГосНИИ ГА. — 2021. — № 36. — С. 118–129. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47169770> (дата обращения: 19.06.2025).
8. МР 2.5/4.3.0258-21. Методика установления (изменения) седьмой подзоны приаэродромной территории. — URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=19099 (дата обращения: 19.06.2025).
9. Картышев О.А. Установление внешних границ седьмой подзоны и зоны запрещения строительства нормируемых объектов приаэродромной территории / О.А. Картышев, М.О. Картышев, И.О. Ардашев // Научный вестник ГосНИИ ГА. — 2022. — № 39. — С. 122–134. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49320733> (дата обращения: 19.06.2025).
10. Картышев О.А. Особенности оценки неблагоприятного воздействия на окружающую среду при эксплуатации аэропортов местных воздушных линий / О.А. Картышев, И.Г. Дмовский, А.А. Аверкиев [и др.] // Научный вестник ГосНИИ ГА. — 2021. — № 34. — С. 59–67. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45620761> (дата обращения: 19.06.2025).
11. Май И.В. Оценка риска для здоровья населения при установлении и зонировании приаэродромной территории / И.В. Май, Д.Н. Кошурников, М.О. Картышев [и др.] // Анализ риска здоровью. — 2024. — № 4. — С. 37–49. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=76780170> (дата обращения: 19.06.2025). — DOI: 10.21668/health.risk/2024.4.04.
12. МР 2.1.10.0059-12. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095849> (дата обращения: 19.06.2025).
13. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати; пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. — Москва: Радио и связь, 1993. — 314 с.
14. Ногин В.Г. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход / В.Г. Ногин. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 176 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zibrov G.V. Geokvalimetriceskii analiz urovnya akusticheskoi diskomfortnosti priaerodromnikh territorii na osnove integralnoi otsenki opasnosti shumovogo zagryazneniya okruzhayushchei sredi [Geocalimetric analysis of the level of acoustic discomfort in aerodrome areas based on an integrated assessment of the risk of environmental noise pollution] / G.V. Zibrov,

- V.M. Umivakin, D.A. Matviets // *Yestestvennie i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences]. — 2019. — № 12 (138). — P. 233–236. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41854321> (accessed: 19.06.2025). — DOI: 10.25633/ETN.2019.12.29. [in Russian]
2. Mai I.V. Problemi provedeniya ekspertizi proekta resheniya ob ustanovlenii priaerodromnoi territorii [Problems of conducting an expert examination of a draft decision on the establishment of an aerodrome territory] / I.V. Mai, D.N. Koshurnikov, E.V. Sedusova // *Analiz riska zdorovyu — 2020 sovместno s mezhdunarodnoi vstrechei po okruzhayushchei srede i zdorovyu Rise-2020 i kruglim stolom po bezopasnosti pitaniya* [Health Risk Analysis 2020 in conjunction with the international meeting on Environment and Health Rise 2020 and the round table on food safety]: Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. In 2 volumes, Perm, May 13-15, 2020 / Ed. by A.Y. Popova, N.V. Zaitseva. — Perm: Perm National Research Polytechnic University, 2020. — № 1. — P. 148–152. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42889728> (accessed: 19.06.2025). [in Russian]
3. Filimonova O.N. Obzor nauchnoi literaturi po problemam otsenki faktorov riska dlya zdorovya naseleniya pri obosnovanii razmerov sedmoi podzoni priaerodromnoi territorii [A review of the scientific literature on the assessment of risk factors for public health in substantiating the size of the seventh subzone of the airfield territory] / O.N. Filimonova, M.V. Yenyutina, O.V. Klepikov [et al.] // Hygienic and environmental aspects of morbidity prevention at the regional level : A collection of articles based on the results of the VI Interuniversity Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Science and Technology, Voronezh, March 25, 2021. — Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya, 2021. — P. 66–72. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44882462> (accessed: 19.06.2025). [in Russian]
4. Kartishev O.A. Osobennosti otsenki neblagopriyatnogo vozdeistviya na okruzhayushchuyu sredu pri ekspluatatsii aeroportov mestnikh vozdushnikh linii [Features of the assessment of the adverse environmental impact during the operation of airports of local air lines] / O.A. Kartishev, I.G. Dmovskii, A.A. Averkiev [et al.] // *Nauchnyi vestnik GosNII GA* [Scientific Bulletin of GosNII GA]. — 2021. — № 34. — P. 59–67. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45620761> (accessed: 19.06.2025). [in Russian]
5. Bepalov M.S. Trudnosti obosnovaniya granits 7-i podzoni priaerodromnoi territorii [Difficulties in substantiating the boundaries of the 7th subzone of the airfield territory] / M.S. Bepalov, Ye.Yu. Oseledets, Ye.S. Radionova // *Ekologiya proizvodstva* [Ecology of production]. — 2021. — № 11 (208). — P. 60–63. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48694726> (accessed: 19.06.2025). [in Russian]
6. Simakova T.N. Formirovanie zemelnogo uchastka s osobimi usloviyami ispolzovaniya territorii (na primere priaerodromnoi territorii grazhdanskogo aerodroma "Plekhanovo") [Formation of a land plot with special conditions for the use of the territory (using the example of the airfield territory of the Plekhanovo civil airfield)] / T.N. Simakova // *International Agricultural Journal* [International Agricultural Journal]. — 2021. — № 64 (5). — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47151669> (accessed: 19.06.2025). — DOI: 10.24412/2588-0209-2021-10375 [in Russian]
7. Kartishev M.O. Primenenie mer sbalansirovannogo podkhoda IKAO k upravleniyu aviatsionnim shumom pri obosnovanii i kontrole razmerov shumovoi zoni priaerodromnoi territorii [The application of ICAO's balanced approach to aircraft noise management in the justification and control of the size of the noise zone of the airfield area] / M.O. Kartishev // *Nauchnyi vestnik GosNII GA* [Scientific Bulletin of GosNII GA]. — 2021. — № 36. — P. 118–129. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47169770> (accessed: 19.06.2025). [in Russian]
8. MR 2.5/4.3.0258-21. Metodika ustanovleniya (izmeneniya) sed'moj podzony priaerodromnoj territorii [Methodological recommendations 2.5/4.3.0258-21. The methodology of establishing (changing) the seventh subzone of the airfield territory]. — URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=19099 (accessed: 19.06.2025). [in Russian]
9. Kartishev O.A. Ustanovlenie vneshnikh granits sedmoi podzoni i zoni zapreshcheniya stroitelstva normiruemykh obektov priaerodromnoi territorii [Establishment of the outer boundaries of the seventh subzone and the zone prohibiting the construction of regulated facilities in the airfield area] / O.A. Kartishev, M.O. Kartishev, I.O. Ardashov // *Nauchnyi vestnik GosNII GA* [Scientific Bulletin of GosNII GA]. — 2022. — № 39. — P. 122–134. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49320733> (accessed: 19.06.2025). [in Russian]
10. Kartishev O.A. Osobennosti otsenki neblagopriyatnogo vozdeistviya na okruzhayushchuyu sredu pri ekspluatatsii aeroportov mestnikh vozdushnikh linii [Features of the assessment of the adverse environmental impact during the operation of airports of local air lines] / O.A. Kartishev, I.G. Dmovskii, A.A. Averkiev [et al.] // *Nauchnyi vestnik GosNII GA* [Scientific Bulletin of GosNII GA]. — 2021. — № 34. — P. 59–67. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45620761> (accessed: 19.06.2025). [in Russian]
11. Mai I.V. Otsenka riska dlya zdorovya naseleniya pri ustanovlenii i zonirovanii priaerodromnoi territorii [Assessment of the risk to public health during the establishment and zoning of the airfield area] / I.V. Mai, D.N. Koshurnikov, M.O. Kartishev [et al.] // *Analiz riska zdorovyu* [Health risk analysis]. — 2024. — № 4. — P. 37–49. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=76780170> (accessed: 19.06.2025). — DOI: 10.21668/health.risk/2024.4.04. [in Russian]
12. MP 2.1.10.0059-12. Assessment of the risk to public health from exposure to traffic noise. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095849> (accessed: 19.06.2025).
13. Saati T. Prinyatie reshenii. Metod analiza ierarkhii [Make a decision. The method of hierarchy of analysis] / T. Saatiye; transl. from English by R.G. Vachnadze. — Moscow: Radio i svyaz, 1993. — 314 p. [in Russian]
14. Nogin V.G. Prinyatie reshenij v mnogokriterial'noj srede: kolichestvennyj podkhod [Decision-making in a multi-criteria environment: a quantitative approach] / V.G. Nogin. — Moscow: FIZMATLIT, 2004. — 176 p. [in Russian]