

УДК: 331.453
OECD: 1.03

Современная практика проведения акустического мониторинга в странах СНГ

Буторина М.В.^{1*}, Кобиллов Э.Э.², Ашурмахматов С.И.³, Рустамова Р.Б.⁴
^{1,2}Д.т.н., профессор кафедры, ³Докторант, ⁴Ассистент,
¹⁻⁴Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности, Самаркандский
государственный университет имени Шарофа Рашидова, г. Самарканд,
Республика Узбекистан

Аннотация

Статья представляет комплексный анализ состояния и практики акустического мониторинга в странах СНГ (на примере Российской Федерации и Республики Узбекистан), а также Китайской Народной Республики как референтной модели. Исследование базируется на данных официальных отчетов, научных публикаций и статистики за 2021-2025 годы. В ходе исследования в России выявлено системное отставание в организации мониторинга – отсутствие постоянно действующей национальной системы, преобладание реактивного подхода (замеры по жалобам). При охвате надзором >1,2 млн объектов, доля проверенных на шум не превышает 1,8%. Наиболее проблемными являются строительный сектор (40-50% нарушений) и транспортная инфраструктура. Однако в России отмечены положительные примеры мониторинга и построения карт шума, например, гг. Москва и Санкт-Петербург. В Узбекистане отмечается прогресс в нормативном регулировании (ужесточение «Закона о тишине» в 2025 году). Практика мониторинга находится в стадии становления, реализуются пилотные проекты по акустическому картированию в Самарканде и Ташкенте. Описана комплексная система регулярного мониторинга Китая с использованием стационарных и автоматических постов с передачей данных в реальном времени. Города классифицируются по уровням акустического комфорта с целевыми программами улучшения. В работе впервые проведено сравнительное исследование систем акустического мониторинга в странах СНГ с выделением ключевых проблемных зон и определением перспективных направлений развития, включая интеграцию IoT, искусственного интеллекта и цифровых двойников. Результаты исследования могут быть использованы для разработки национальных программ по созданию систем акустического мониторинга в странах СНГ, совершенствования нормативной базы и внедрения современных технологий контроля шумового загрязнения.

Ключевые слова: акустический мониторинг, шумовое загрязнение, карты шума, экологический контроль, строительный шум, транспортный шум

Modern practice of noise monitoring in CIS countries

Butorina M.V.^{1}, Kobilov E.E.², Ashurmakhmatov S.I.³, Rustamova R.B.⁴
^{1,2}D.Sc., Professor, ³Post-Doctorate Student, ⁴Assistant (Ph.D.)
¹⁻⁴Department of Ecology and Labor Safety of Samarkand State University, Samarkand,
Uzbekistan*

*E-mail: marina_butorina@inbox.ru (Буторина М.В.)

Abstract

The article presents a comprehensive analysis of the status and practice of acoustic monitoring in the CIS countries, on the example of Russian Federation and Republic of Uzbekistan, and using PRC as a reference model. The study is based on data from official reports, scientific publications, and statistics for 2021-2025. The study revealed a systemic gap in monitoring in Russia, including the lack of a permanent national system and the prevalence of a reactive approach (measurements based on complaints). While over 1.2 million facilities are monitored, the share of noise inspected does not exceed 1.8%. The most problematic sectors are the construction sector (26.4% of violations) and transport infrastructure. However, in Russia there are positive examples of monitoring and mapping noise, for example in Moscow and St. Petersburg. Progress in regulatory frameworks has been noted in Uzbekistan (the "Law on Silence" will be tightened in 2025). Monitoring practices are in their infancy, with pilot acoustic mapping projects being implemented in Samarkand and Tashkent. This paper describes a comprehensive regular monitoring system in China using stationary and automated posts of control with real-time data transmission. Cities are classified according to five levels of acoustic comfort, with targeted improvement programs. This paper presents the first comparative study of acoustic monitoring systems in the CIS countries, highlighting key problem areas and identifying promising areas for development, including the integration of IoT, artificial intelligence, and digital twins. The results of the study can be used to develop national programs for the creation of acoustic monitoring systems in the CIS countries, improve the regulatory framework, and implement modern noise pollution control technologies.

Keywords: acoustic monitoring, noise pollution, noise maps, environmental monitoring, construction noise, transport noise

Введение

Длительный и интенсивный шум наносит серьезный вред организму человека:

- вызывает необратимую потерю слуха и тиннитус (звон в ушах) из-за разрушения волосковых клеток внутреннего уха;
- являясь мощным стрессором, шум провоцирует выброс гормонов стресса, что приводит к повышению давления, тахикардии и увеличивает риск гипертонии, инфарктов и инсультов;
- вызывает тревожность, нарушает сон (мешает засыпанию, делает сон поверхностным), что ведет к хронической усталости и ухудшению когнитивных функций;
- снижает способность концентрироваться, ухудшает память и обучение, что негативно сказывается на успеваемости и производительности труда;
- хронический шум может ослабить иммунитет, нарушить метаболизм и повысить риск преждевременных родов.

В России проблема шумового загрязнения остается одной из наиболее острых среди всех физических факторов воздействия на окружающую среду.

Основные выводы по ситуации на 2023 год [1] свидетельствуют о следующем. Под надзором Роспотребнадзора находится свыше 1,2 млн объектов – источников вредного физического воздействия, причем шум является ключевым фактором. Несмотря на это, доля объектов, проверенных на шум и вибрацию, крайне мала (1,8% и 1,2% соответственно), хотя за 8 лет наблюдений количество измерений и увеличилось в 1,3 раза (7481899 измерений на всей территории Российской Федерации).

При этом каждый десятый объект, проверенный по шуму, не соответствует нормативам (10,6%) несмотря на то, что количество объектов с превышением предельно допустимых уровней (ПДУ) по виброакустическим параметрам непрерывно снижается, начиная с 2014 г (рисунок 1).

Наибольшее количество нарушений выявлено на промышленных предприятиях (26,4% не соответствуют нормативам по шуму), а также в коммунальной и социальной сфере. Среди регионов с самой неблагоприятной обстановкой по шуму на промышленных предприятиях лидируют Кировская, Тверская, Ярославская области и Республика Марий Эл.

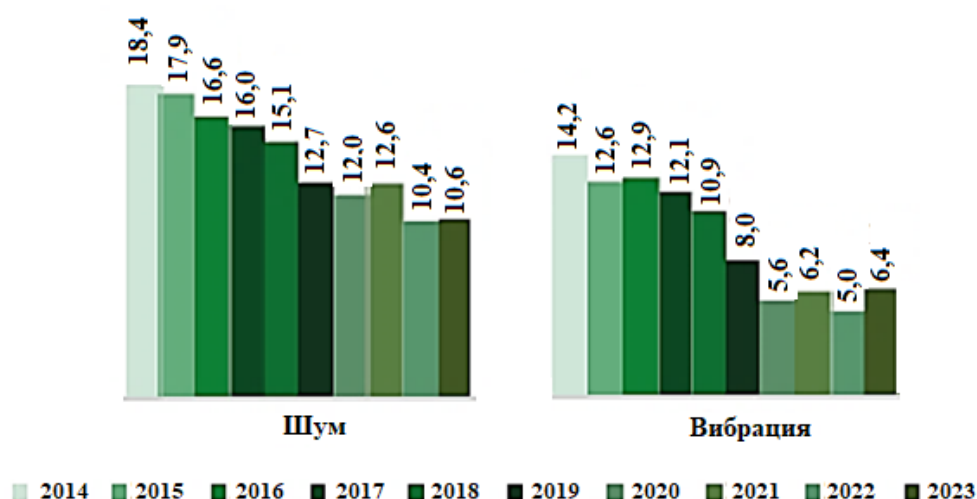


Рисунок 1 – Изменение количества объектов, не соответствующих ПДУ по виброакустическим факторам, 2014-2023 гг., % [1]

Наибольшую тревогу вызывает шум в жилой зоне: 17,9% замеров шума на территории жилой застройки превышают нормы. Главные источники жалоб – предприятия общепита, торговли и развлечений, расположенные в жилых домах. Количество жалоб на шум велико, и составляет почти три четверти от всех жалоб, поступающих на физические факторы (рисунок 2). В 37,1% случаев проверки подтверждают нарушения. В то же время количество результатов измерений, не соответствующих ПДУ, снизилось в 1,5 раза (с 6,9% в 2015 г. до 4,5% в 2023 г.).

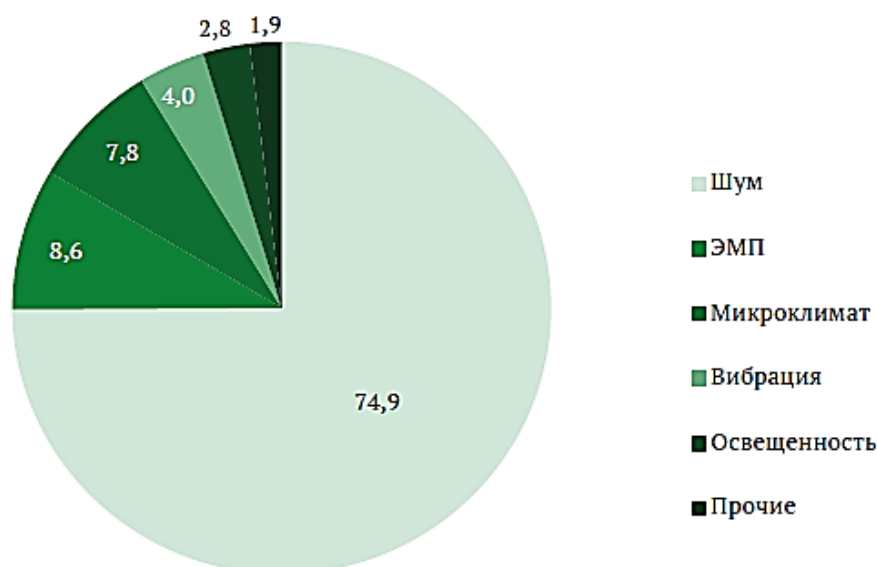


Рисунок 2 – Распределение жалоб на физические факторы [1]

Доля мероприятий, направленных на профилактику снижения влияния физических факторов риска на здоровье населения, составила 0,94%. К ним относятся мероприятия по проведению мониторинга радиационной обстановки, утилизации радионуклидных источников, сооружению шумозащитных экранов и перераспределению транспортных потоков, снижению воздействия на население электромагнитного и электростатического полей, модернизации медицинского лечебно-диагностического оборудования [1].

Следует отметить, что в России постоянный акустический мониторинг не ведется. Контроль соблюдения нормативов в этой сфере осуществляет Роспотребнадзор. При поступлении жалоб от населения или в рамках плановых проверок проводятся измерения. В случае превышения ПДУ выдается предписание об устранении нарушений, может быть наложен штраф, а в крайних случаях работы приостанавливаются до решения проблемы. Мониторинг уровней шума на границе санитарно-защитных зон и площадках предприятий выполняют сами предприятия в рамках производственного экологического контроля. Карты шума отдельных объектов разрабатываются по инициативе отдельных муниципалитетов, а также могут входить в состав проектной документации. В 2006 г. была разработана карта шума г. Санкт-Петербурга, существует карта шума автотранспорта г. Москвы, там же действуют передвижные лаборатории, которые, однако, не позволяют оценить уровни шума по всей территории города в реальном времени и определить тенденции его изменения.

В отличие от российской практики, в ряде государств акустический мониторинг интегрирован в национальную систему управления для защиты благополучия граждан. Ярким примером служит Китай, где контроль над уровнем шума осуществляется на регулярной основе – четыре раза в год. Измерения проводятся с применением как ручных, так и автоматических методов. Например, в 2021 году была собрана обширная база данных: только ручным способом выполнены десятки тысяч замеров в различных функциональных зонах, регионах и на автодорогах. Параллельно работают 2427 автоматических станций, отслеживающих шум в жилой застройке и от транспорта. Все данные в режиме реального времени поступают в Министерство экологии и окружающей среды для анализа и формирования управленческих решений [2].

1 Методы и задачи акустического мониторинга

Для оценки уровней воздействия шума используется акустический мониторинг. Акустический мониторинг – это процесс непрерывного или периодического измерения, записи и анализа звуковых колебаний (шума и вибрации), предназначенный для оценки состояния оборудования, окружающей среды или технологического процесса. Основные цели акустического экологического мониторинга – оценка уровня шумового загрязнения в городах, вблизи предприятий, аэропортов, железных и автодорог.

Цели и задачи мониторинга городского шума:

- получение объективных данных об уровнях звука (в дБА) в разных функциональных зонах города (жилые районы, рядом с школами и больницами, вдоль магистралей);
- сравнение полученных данных с гигиеническими нормативами (СанПиН 1.2.3685-21);
- определение вклада разных источников: транспорт (авто, ж/д, авиа), строительство, промышленные предприятия, инфраструктурные объекты (вентиляция, кондиционеры), бытовая деятельность (кафе, мероприятия);
- создание карт шума – построение цифровых моделей (цифровых двойников)

города, визуализирующих распределение шума;

- прогноз и оценка эффективности мероприятий;
- информирование населения.

Основные компоненты системы экологического мониторинга шума включают в себя следующие элементы:

1. Датчики (сенсоры) – микрофоны (конденсаторные, электретные, MEMS, IoT датчики), высокоточные шумомеры;
2. Система сбора и передачи данных:
 - аналого-цифровые преобразователи (АЦП), преобразующие непрерывный аналоговый сигнал с датчика в цифровой вид;
 - регистраторы данных – устройства для записи и временного хранения данных, многоканальные системы для одновременной синхронной записи звука с нескольких точек для детального анализа источников;
 - системы передачи: проводные (Ethernet) или беспроводные (Wi-Fi, LoRaWAN, 4G/5G) модули для отправки данных на сервер.
3. Платформа для обработки и анализа данных:
 - программное обеспечение (на базе Python, MATLAB, R) или платформы (например, Splunk для анализа временных рядов);
 - алгоритмы анализа (от простого быстрого преобразования Фурье для частотного анализа до сложных моделей машинного обучения);
 - базы данных для хранения больших объемов аудиоданных и метаданных;
 - программное обеспечение для акустического моделирования.
4. Система визуализации:
 - графические интерфейсы для отображения текущего статуса, трендов, спектрограмм.
5. ГИС-технологии, оперативные карты шума, построенные по результатам измерений в привязке к координатам местности.

Основные методы анализа данных акустического мониторинга включают в себя:

- временной анализ – оценка уровней звукового давления, эквивалентного и максимального уровней звука, пиковых значений, а также их изменение во времени;
- частотный (спектральный) анализ – позволяет выявить конкретные источники шума, определить, на каких частотах появились аномалии, выявить появление новых потенциально опасных объектов;
- машинное обучение и AI для классификации шума (например, в пределах ПДУ или повышенный).

Основные методы проведения акустического мониторинга:

1. Стационарные автоматические станции – посты непрерывного мониторинга, установленные в ключевых точках (у крупных магистралей, в жилых зонах, рядом с аэропортами);
2. Мобильные (передвижные) измерения – при помощи переносных шумомеров и GPS-модулей, т.е. замеры по заранее составленному маршруту или в конкретных точках;
3. Использование Big Data и косвенных методов – оценка и анализ интенсивности движения, расчет шумовых характеристик, построение карт шума.

Преимуществами постоянно действующей автоматической системы акустического мониторинга является дистанционный и бесконтактный контроль, что позволяет производить оценку в режиме реального времени, в том числе в труднодоступных местах,

информативность за счет получения больших объемов данных о параметрах источников и их изменении во времени, выявление потенциально опасных объектов. Мобильные измерения могут быть использованы для уточнения данных автоматических систем, калибровки расчетных моделей и машинного обучения.

2 Результаты мониторинга шума в г. Москве

Масштаб проблемы шумового загрязнения в Москве подтверждается статистикой обращений граждан [3]. Жалобы на шум стабильно входят в число наиболее частых поводов для обращений в городской Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. При этом в 2024 году их количество продемонстрировало резкий рост – на 23% больше, чем в 2023 году (увеличение с 6,0 тыс. до 7,4 тыс. жалоб), при этом наибольшее количество жалоб (8,9 тыс.) было отмечено в 2020 г. Основным источником негативного воздействия, согласно жалобам, на протяжении многих лет являются строительные и дорожные работы в ночное время. Также жители сообщают о шуме от всех видов транспорта, коммунальной и промышленной техники.

Для реагирования на жалобы населения аккредитованная лаборатория ГПБУ «Мосэкомониторинг» проводит выездные обследования. Их задача – выявление источников шума и проведение инструментальных замеров. В 2024 году было выполнено 866 таких измерений на территории Москвы. Все работы ведутся в строгом соответствии с утвержденными методиками и санитарными нормативами (СанПиН 1.2.3685-21). В случаях, когда проверка подтверждает нарушение допустимых уровней шума, государственные инспекторы применяют меры административного воздействия, а информация о них направляется в соответствующие органы исполнительной власти для принятия мер.

Набор данных результатов мониторинга, представленный на портале Правительства Москвы [4], позволяет получить информацию о месте проведения измерений уровней шума, источнике шума, дате и основных результатах исследования, о наличии или отсутствии превышений ПДУ, а также есть возможность посмотреть местоположение проведенных измерений на карте города Москвы. Расположение точек измерений на примере автотранспорта приведено на рисунке 3, а сведения о количестве замеров с начала проведения измерений (сентябрь 2016 г. по сентябрь 2025 г.), причинах выезда и выявленных превышениях ПДУ – в таблице 1.

На основе полученных данных осуществляется оценка влияния на акустическую обстановку различных источников шума. Основными источниками шумового воздействия на территории Москвы являются (в порядке убывания значимости): строительные площадки, дорожно-ремонтные работы, автотранспорт, погрузочно-разгрузочные работы, генераторные установки, железнодорожный транспорт, промышленные предприятия (рисунок 4). При этом превышения ПДУ чаще всего наблюдаются на объектах транспорта (в 70-90% случаев), в то время как выявление превышений на непостоянно работающих объектах (генераторные установки, погрузочно-разгрузочные работы, ремонтные работы, развлекательные мероприятия и промышленные предприятия) весьма затруднено отсутствием работы во время проведения ручных измерений.

Тем не менее, результаты мониторинга позволяют выявить основные проблемы, связанные с шумом и разработать шумозащитные мероприятия.

В 2024 году количество жалоб на шум от ночных строительных и дорожных работ достигло 6,9 тыс., что на 23% больше, чем в 2023 году, и в 30 раз превышает показатели 2011 года. Ежегодный мониторинг показывает, что почти половина стройплощадок нарушает допустимые уровни шума в ночное время.

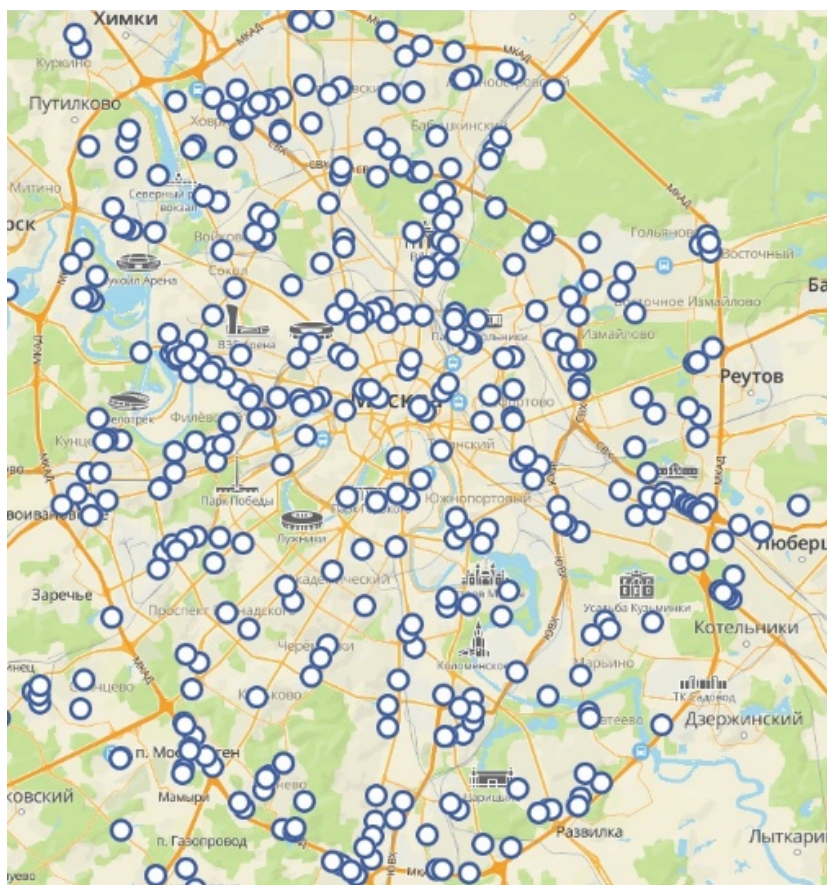


Рисунок 3 – Расположение точек измерений шума автотранспорта в г. Москва

В ответ на это городские власти активизировали борьбу с шумовым загрязнением. Несмотря на мораторий на плановые проверки, в 2024 году был разработан новый механизм привлечения к ответственности, позволивший выписать штрафов на 13,84 млн рублей по статье 4.46 КоАП Москвы. Для системного решения проблемы были разработаны и внедряются следующие меры:

1. Действуют правила, запрещающие в ночное время работу шумного оборудования, забивку свай и использование громкоговорящей связи;

2. Шесть городских департаментов совместно с 12 ведущими застройщиками разработали Инструкцию по снижению шума при проведении строительных работ. Документ, основанный на лучшем международном опыте, предусматривает комплекс организационных и технологических решений. Его апробация на нескольких площадках показала снижение шума на 10-30%;

3. С 2025 года застройщики обязаны устанавливать на стройплощадках датчики шума, интегрированные в программно-технический комплекс. Данные с них будут в реальном времени передаваться в городскую ИТ-систему управления - «цифровой двойник» Москвы через создаваемую систему централизованного мониторинга. Пилотный проект на пяти объектах показал эффективность, снизив уровень шума на 40% [5]-[6].

Внедрение системы централизованного мониторинга строительных площадок сопряжено с техническими и организационными вызовами, такими как:

- интеграция оборудования в условиях динамично меняющейся стройплощадки;
- риск сбоев передачи данных из-за проблем со связью или электропитанием;
- возможные некорректные показания из-за помех (например, шума проезжающей техники).

Таблица 1 – Количество выполненных измерений шума за год в г. Москва

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Количество замеров	611	1422	1477	2417	2314	2594	1198	887	866	770
Причина выезда:										
Авиашум	1	3	1	6	0	13	3	9	2	2
случаи превышения ПДУ	1	3	0	1	0	6	1	2	0	2
Автотранспорт	17	67	72	36	205	150	59	25	69	21
случаи превышения ПДУ	16	61	60	34	194	148	52	20	61	19
Генераторная установка	19	27	14	36	16	22	52	26	71	62
случаи превышения ПДУ	7	4	3	3	3	4	3	9	2	6
Дорожно-ремонтные работы	71	208	358	299	320	344	20	15	24	25
случаи превышения ПДУ	6	11	6	4	7	10	0	0	0	1
Железнодорожный транспорт	9	17	10	5	4	19	9	3	9	6
случаи превышения ПДУ	6	13	10	3	4	17	7	3	6	4
Массово-развлекательные мероприятия, кафе, клуб, музыка	4	3	3	2	0	4	2	0	3	7
случаи превышения ПДУ	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2
Погрузочно-разгрузочные работы	8	30	14	20	25	97	85	54	71	41
случаи превышения ПДУ	4	2	4	1	0	3	2	0	2	0
Промышленные предприятия	13	19	8	5	6	2	3	1	4	5
случаи превышения ПДУ	7	4	2	2	0	0	0	0	0	3
Ремонтные работы	-	-	-	5	47	105	42	12	28	16
случаи превышения ПДУ	-	-	-	0	0	2	0	0	0	0
Строительные работы	445	991	966	1983	1736	1810	887	720	542	533
случаи превышения ПДУ	46	127	108	210	181	268	412	361	127	160
Другие источники	24	57	31	25	2	133	78	34	71	68

Хотя прямые затраты на оборудование незначительны и не повлияют на стоимость жилья, необходимость пересмотра устоявшихся процессов и технологий может привести к увеличению сроков строительства. В то же время, открытый мониторинг поможет минимизировать жалобы жителей и улучшить репутацию строительных компаний.

Автомобильный транспорт является одним из основных источников шумового загрязнения в Москве. В 2024 году лаборатория «Мосэкомониторинга», а также специалисты МГУ им. Ломоносова [7] провели замеры в жилых зонах и рядом с автотрассами, которые выявили следующую картину:

- вблизи трасс эквивалентный уровень шума составил 52-68 дБА днем и 48-77 дБА ночью;
- наибольшие значения зафиксированы зимой, а наименьшие – летом, благодаря шумопоглощающим свойствам листвы деревьев;
- в часы пик уровень шумового воздействия стабильно превышает установленные нормативы.

Результаты измерений подтвердили, что транспортный шум затрагивает не только здания вдоль магистралей, но и проникает вглубь кварталов. Яркие выраженные утренние и вечерние пики на графиках в рабочие дни прямо указывают на эту связь.

Основное воздействие шума от железных дорог испытывают на себе жители домов первой и второй линии, прилегающих к путям. В 2024 году москвичи жаловались на шум от проходящих составов, работу сортировочных станций, а также на использование звуковых сигналов и громкоговорящей связи.

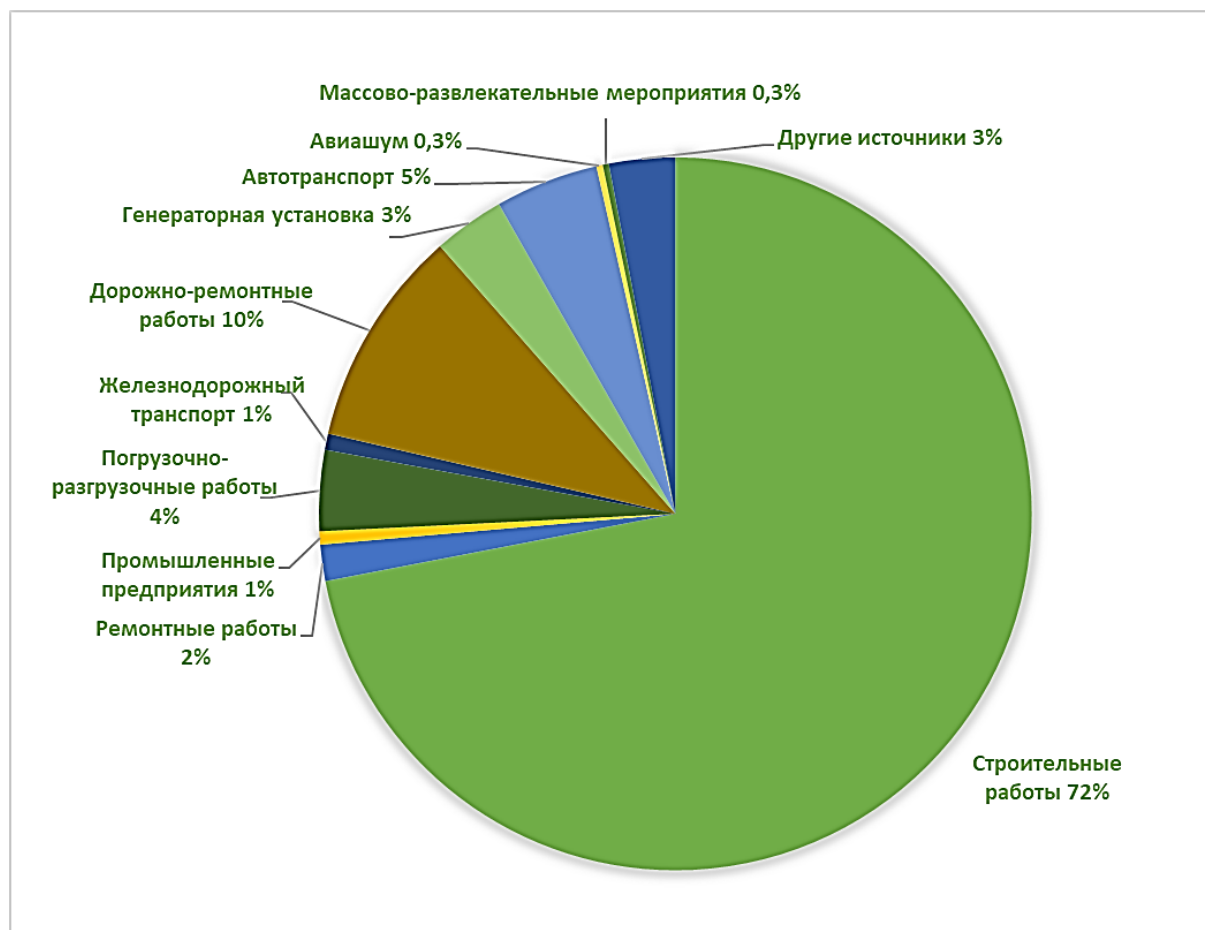


Рисунок 4 – Основные источники шума в г. Москве

По результатам замеров «Мосэкомониторинга» в 2024 году, эквивалентный уровень шума от поездов в таких зонах достигал 67 дБА, а максимальный – 71 дБА. Все случаи превышения нормативов направляются в Роспотребнадзор для принятия мер в рамках его компетенции.

Для минимизации шума как автомобильного, так и железнодорожного транспорта в Москве реализуется комплексный подход, включающий:

1. Шумозащитное строительство:

- установка акустических экранов: в 2024 году их общая протяженность составила более 16,5 км вдоль автодорог и железнодорожных путей;
- замена обычных окон на шумозащитные в жилых зданиях и социальных объектах: по состоянию на 2024 году заменено свыше 6 тыс. м² остекления.

2. Градостроительные и организационные меры. Снижение интенсивности автомобильного движения за счет:

- развития общественного транспорта;
- ограничения движения грузовиков в жилых кварталах;
- создания зон платных парковок и пешеходных зон.

3. Нормативное регулирование на федеральном уровне:

- для автотранспорта: постепенное ужесточение требований к уровню внешнего шума новых транспортных средств и шуму от шин;
- для железнодорожного транспорта: реализация «Экологической стратегии ОАО «РЖД» до 2030 года», которая предусматривает внедрение инновационных технологий для снижения шума.

Таким образом, акустический мониторинг в г. Москва является действенным инструментом контроля и разработки мер по снижению шума.

3 Результаты мониторинга шума в г. Санкт-Петербург

В «Докладе об экологической ситуации в Санкт-Петербурге» за 2023 г., подготовленном Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга во исполнение поручения Президента Российской Федерации по реализации Послания Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 30 ноября 2010 года, сведения о шуме отсутствуют [8].

Измерения уровней шума на территории Санкт-Петербурга производятся, начиная с 1971 г. Ранее измерения производились Санэпидемстанцией г. Ленинграда, позднее измерения стал производить Центр Гигиены и Санэпидемиологии Санкт-Петербурга, в настоящее время контролем шума большинства источников на территории городской застройки занимается Роспотребнадзор. Ретроспективный анализ результатов измерений показывает, что за период с 1971 г. по настоящее время средние уровни шума на территории г. Санкт-Петербурга снизились на 16 дБА (с 75 до 59 дБА).

По данным Управления Роспотребнадзора г. Санкт-Петербурга в структуре жалоб граждан на различные физические факторы наибольший удельный вес составляют жалобы на шум (свыше 70 %). Основной причиной жалоб населения является шум от инженерно-технологического оборудования встроенно-пристроенных объектов (вентиляционного и холодильного оборудования предприятий общественного питания и торговли, наружных блоков системы кондиционирования и охлаждения), на шум от звуковоспроизводящей и звукоусиливающей аппаратуры, а также шум встроенных в здания объектов инженерного обеспечения и сантехнического оборудования с круглосуточным режимом работы (индивидуальные тепловые пункты, повысительные насосные, лифты, трансформаторные подстанции).

В рамках рассмотрения обращений заявителей, связанных с воздействием шума от различных источников, Управлением проводятся контрольно-надзорные мероприятия в рамках Федерального закона от 31.07.2020 № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» с привлечением аккредитованного испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области» для инструментальных измерений уровней шума. В случае выявления превышений уровней шума Управление принимает меры административного воздействия в соответствии с Кодексом об административных правонарушениях.

В адрес Управления Роспотребнадзора по городу Санкт-Петербургу поступают обращения жителей на шум от строящихся на территории города объектов. Согласно Федеральному закону от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и в соответствии с Градостроительным кодексом РФ Управление Роспотребнадзора по городу Санкт-Петербургу с 01.01.2007 г. не осуществляет надзор за соблюдением требований санитарного законодательства при строительстве объектов и приёмке их в эксплуатацию. Указанные функции отнесены к компетенции Службы государственного строительного надзора и экспертизы Санкт-Петербурга [9].

Госстройнадзор Санкт-Петербурга провел в 2021 году 927 проверок по вопросам повышенного шума. Самыми частыми нарушениями в области строительства стали следующие: несвоевременное выполнение мероприятий по организации строительной площадки; отсутствие полного пакета исполнительной документации; нарушение предельно допустимых показателей уровня шума; несвоевременный вывоз строительных

отходов, отсутствие документов об утилизации мусора. Инспекторы Госстройнадзора выдали соответствующие предписания об устранении нарушений и возбудили 427 административных дела [10].

В 2006 г. в Санкт-Петербурге по заказу Комитета по градостроительству и архитектуре в целях акустического зонирования территории была построена карта шума. Карта шума была обновлена в инициативном порядке в 2013 г. [11].

Результаты построения карты шума позволили выявить основные источники на территории города (рисунок 5), а также оценить распределение городских территорий по уровням шума (таблица 2).



Рисунок 5 – Основные источники шума на территории г. Санкт-Петербурга

Таблица 2 – Распределение территорий Санкт-Петербурга по уровням шума

Уровни шума, дБА	Процент обследованных территорий за год					
	2013	2004	2000	1998	1991	1971
65	10	2	3	14	15	0
66-70	38	26	8	43	14	8
71-75	39	55	58	34	32	22
76-80	13	17	31	9	33	48
80-85	0	0	0	0	6	22
86-90	0	0	0	0	0	1

Как показывает анализ данных, представленных в таблице 2, с течением времени городские территории переходят из более зашумленных в менее. По оценкам некоторых специалистов, на настоящий момент почти треть городских территорий соответствует нормативным требованиям.

Оценка шума автотранспорта показывает, что несмотря на рост интенсивности движения на 1-3% в год, уровни шума, создаваемые автотранспортом вблизи основных магистралей, изменяются незначительно. После введения кольцевой автодороги интенсивность автомобильного движения в центре города снизилась на 30 %, кроме того, произошел перенос грузового движения за пределы городской черты. С учетом данной тенденции, а также при учете факта постоянного обновления автопарка и его ориентированности на машины импортного производства, вклад автотранспорта

в акустическую обстановку остается постоянным, превышая ПДУ как в дневное, так и в ночное время.

Аналогичная ситуация складывается с шумом железнодорожного транспорта, который несмотря на то, что под его влияние попадает порядка 5% жилых территорий, оказывает постоянное воздействие, превышающее ПДУ.

Для снижения шума транспорта в Санкт-Петербурге применяются акустические экраны и шумозащитное остекление, устанавливаемые при строительстве и реконструкции транспортных магистралей.

4 Результаты мониторинга шума в Республике Узбекистан

В 2025 году депутаты Законодательной палаты Олий Мажлиса приняли законопроект, ужесточающий защиту населения от шумового загрязнения, и направили его на рассмотрение в Сенат. Ключевые инициативы документа включают:

- расширение «часов тишины»: в будни – с 23:00 до 07:00 (вместо действующего периода до 06:00), в выходные и праздники – с 22:00 до 09:00;
- ограничение шумных работ: проведение строительных и ремонтных работ в многоквартирных домах разрешено только в рабочие дни с 09:00 до 18:00;
- ужесточение ответственности: вводится судебный порядок взыскания ущерба от шума, причем компенсация не освобождает от обязанности устранить его источник. Также предусмотрена приостановка деятельности систематических нарушителей;
- социальные гарантии: работникам, занятым в условиях повышенного шума, устанавливается повышенная заработная плата [12].

В Республике Узбекистан практика создания шумовых карт была реализована в городе Ташкенте. Карта была разработана путём нанесения на географическую основу данных инструментальных измерений уровней шума. Постоянного мониторинга шума не ведется. Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова совместно с БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова осуществляет мониторинг и акустическое картирование исторического центра Самарканда. Данный проект методологически соответствует концепции планируемого в Узбекистане «Единого геоинформационного портала вредных шумов и неприятных запахов» [13]-[14].

В целях проведения мониторинга в первую очередь были проведены измерения уровней шума вблизи наиболее напряженных автотранспортных магистралей. Измерения шума проводились на трассах с различной интенсивностью движения и плотностью транспортного потока в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 23337-2014. Время проведения измерений выбиралось как в дневное, так и в вечернее время в периоды максимальной интенсивности шума. Измерения проводились в рабочие дни (с понедельника по пятницу) в три пиковых периода: утром (08:00-10:00), днём (12:00-14:00) и вечером (17:00-19:00). Контролировались эквивалентные и максимальные уровни звука, дБА. Точки проведения измерений представлены на рисунке 6.

Результаты измерений [15] показали, что:

- эквивалентные уровни звука автотранспортного шума варьируются в диапазоне от 49 до 76 дБА;
- максимальные уровни звука составляют от 58 до 83 дБА, при этом превышая эквивалентные уровни звука на величину от 5 до 15 дБА;
- вблизи автомагистралей в 80% случаев наблюдается превышение ПДУ.

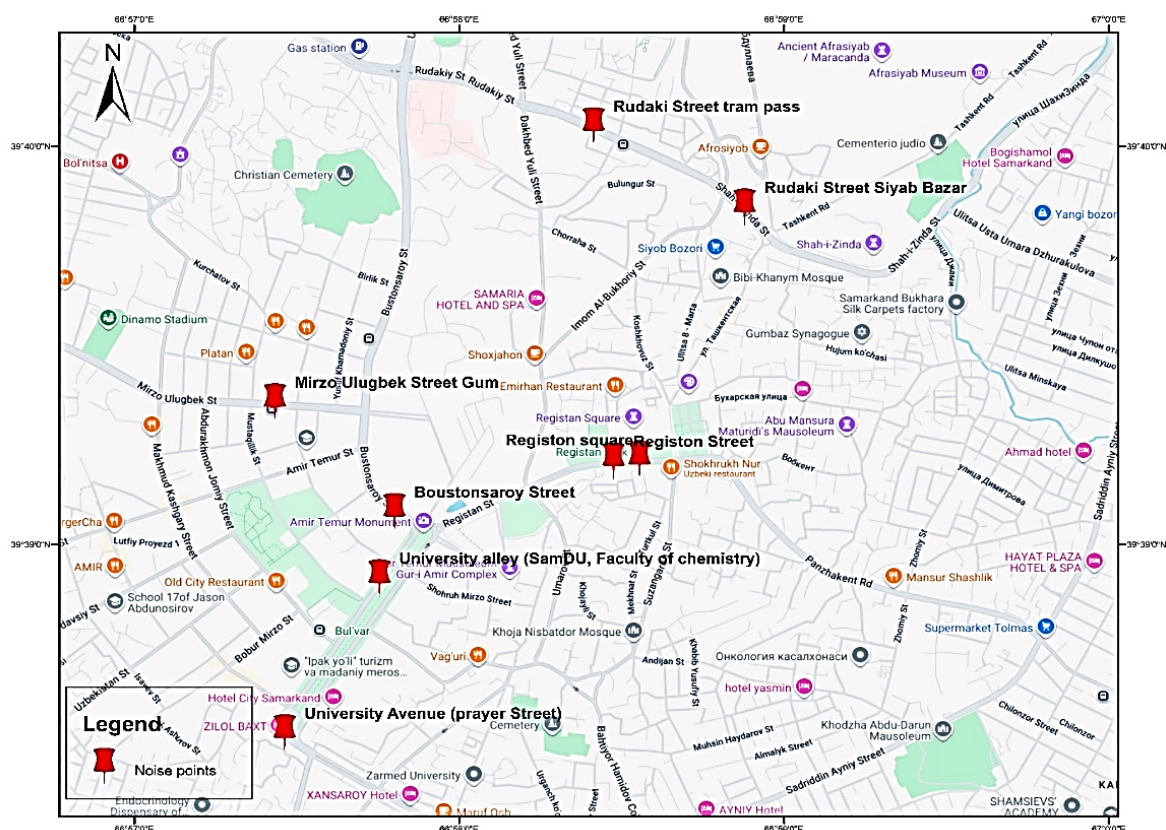


Рисунок 6 – Точки мониторинга шума на территории г. Самарканд

Распределение территорий Самарканда по уровням шума представлено на рисунке 7. Анализ представленных данных показывает, что средние уровни шума на территории г. Самарканд составляют 63 дБА, при этом более половины исследованных территорий попадает в категорию 56-65 дБА.

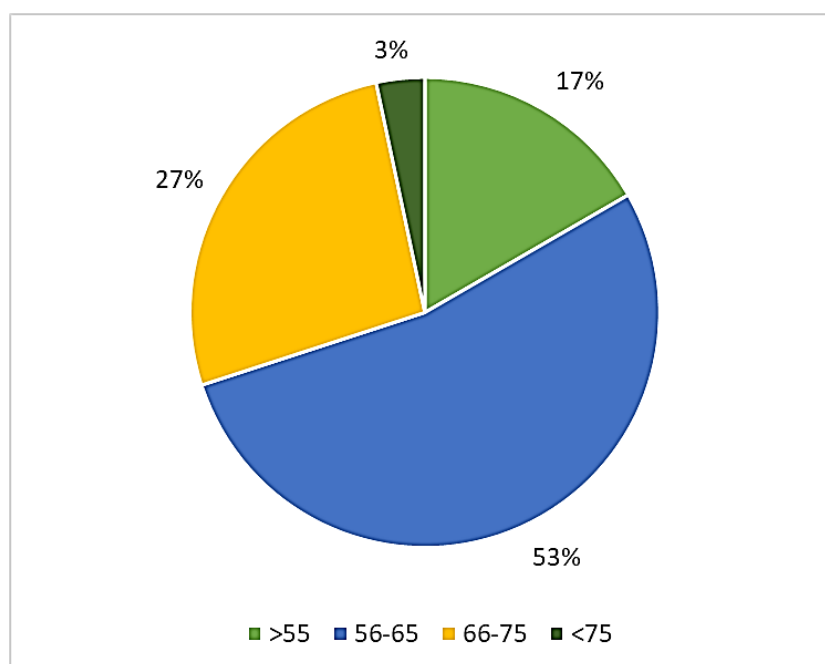


Рисунок 7 – Распределение территорий г. Самарканд по уровням шума

5 Обсуждение: инновационные направления мониторинга шума

Прогрессивный опыт проведения акустического мониторинга внедрен в КНР: мониторинг шума в окружающей среде производится четыре раза в год при помощи ручных и автоматизированных методов контроля. Текущий мониторинг городской акустической среды включает в себя мониторинг акустической среды функциональных зон, региональный мониторинг акустической среды и мониторинг шума дорожного движения. В стране насчитывается 21 706 точек мониторинга акустической среды, а в общей сложности 76 273 точек. В 2021 году в городах страны действовал 3521 пункт мониторинга акустической среды функциональных зон, 51 046 региональных пунктов мониторинга акустической среды и 5046 пунктов мониторинга акустической среды дорожного движения, а также более 62 000 пунктов автоматического контроля строительного шума и около 700 пунктов автоматического мониторинга промышленного шума. Все пункты мониторинга передают данные замеров в Министерство экологии и окружающей среды в режиме реального времени [16].

По результатам мониторинга все города разделяются на 5 классов по уровню акустического комфорта, внедряются мероприятия по переводу городов из 5 наихудшего класса (>74 дБА) в 1 (≤ 68 дБА) [2], [16].

Основные направления снижения шума в Китае включают: ужесточение законодательного регулирования и повышение штрафов за повышенные уровни шума, содействие научным исследованиям и промышленному развитию в области шума, усиление контроля за шумовым загрязнением за счет расширения сети мониторинга и внедрения шумозащитных мероприятий, на которые направлено более 1,5 млрд юаней [16].

В России существуют отдельные негосударственные инициативы, направленные на развитие акустического мониторинга. В целях акустического мониторинга в России по инициативе отдельных ВУЗов и компаний строятся карты шума для таких городов как Тольятти, Самара [17], Волгоградская область, Нижний Новгород [18], Воронеж [19]. Карты шума разрабатываются по результатам измерений и расчетов и позволяют определить проблемные зоны, разработав для них шумозащитные мероприятия. Компания «Роквул» создала карту, на которой жители могут отметить свой адрес и пожаловаться на шум с тем, чтобы получить рекомендации специалистов по его устранению [20].

Так, студенты Российского университета транспорта (МИИТ) разработали алгоритм анализа шумового загрязнения территории, который интерпретирует данные датчиков и строит интерактивную карту распределения звука в определенном районе. Искусственный интеллект оценивает, как звуковые волны распространяются в условиях городской застройки и различных рельефов. Он также способен классифицировать шумы по 16 категориям и выявить вклады основных источников шума. Большая точность оценки обеспечивается за счет приложения, которое позволит жителям самостоятельно загружать данные замеров, а также получать данные с помощью камер с возможностью измерения шума. Интерактивная карта позволяет значительно упростить анализ данных при помощи набора инструментов, таких как отображение слоев с разными источниками шума, отслеживание изменения в различных временных срезах, что позволяет оценить динамику изменения звуковой ситуации [21].

Ученые Горно-Алтайского государственного университета разработали новый метод классификации инфразвуковых сигналов, основанный на перестановочной энтропии Шеннона и анализе частотных векторов. Для проверки эффективности метода были использованы два алгоритма машинного обучения: случайный лес и нейронные

сети. Точность классификации пяти типов сигналов нейронной сетью составила 51-58%, что сопоставимо с традиционным частотным анализом на основе преобразования Фурье. Метод случайных лесов показал точность 45% против 51% у частотного метода. Главное преимущество метода заключается в простоте реализации в низкопотребляющих микроконтроллерных системах для поточной обработки сигналов. Метод может быть использован для акустического мониторинга в целях выявления событий в реальном времени, апробации на пунктах регистрации сигналов, создания эффективной системы обработки данных [22].

Согласно данным зарубежных литературных источников [16, 23, 24], новейшие тренды развития систем акустического мониторинга и карт шума, на которые надо ориентироваться в дальнейшей работе, включают:

Интеграция с IoT – создание сетей из дешевых автономных акустических сенсоров, передающих данные в облако;

AI и Deep Learning – использование сверточных нейронных сетей (CNN) и рекуррентных сетей (RNN) для автоматического выделения сложных признаков из звука и более точной классификации, машинное обучение для автоматического распознавания и классификации источников шума на записи (выделение вкладов источников), предиктивная аналитика шумовой обстановки на основе данных о трафике и его изменении во времени;

Edge Computing – обработка данных непосредственно на сенсоре для снижения объема передаваемых данных и скорости реакции;

Цифровые двойники (Digital Twins) – создание виртуальной копии физического актива, которая в реальном времени получает акустические данные для прогнозирования его состояния;

Гражданская наука (Citizen Science) – жители с помощью смартфонов (через специальные приложения, например, «Шумомер») могут участвовать в сборе данных, помогая выявлять локальные проблемы, создание системы оповещений в виде отправки уведомлений (E-mail, SMS, Telegram) при обнаружении аномалий.

Заключение

Проведенное исследование современной практики акустического мониторинга в странах СНГ выявило существенную дифференциацию в подходах к контролю шумового загрязнения. По его результатам можно сделать следующие выводы:

1. Системный характер проблемы – шумовое загрязнение остается одним из наиболее значимых факторов экологического неблагополучия в городской среде стран СНГ, что подтверждается статистикой обращений граждан (до 70-75% всех жалоб на физические факторы);

2. Несовершенство нормативной базы – в большинстве стран СНГ отсутствуют комплексные системы акустического мониторинга, преобладает реактивный подход к контролю (по жалобам), а профилактические мероприятия составляют менее 1% от общего объема природоохранных мер;

3. Региональные особенности:

– Россия обладает развитой нормативной базой, но испытывает дефицит в системном мониторинге;

– Узбекистан демонстрирует прогресс в законодательном регулировании;

– Китай представляет эталонную модель интеграции мониторинга в систему государственного управления;

– технологическое отставание – в странах СНГ ограниченно применяются такие

современные технологии, как IoT и сети автономных датчиков, AI и машинное обучение для классификации шума, цифровые двойники для прогнозирования, системы реального времени.

4. Перспективные направления развития контроля шума:

- создание национальных систем акустического мониторинга по принципу «цифровых двойников»;
- внедрение обязательного инструментального контроля на объектах повышенного риска;
- разработка межгосударственных стандартов и методик мониторинга;
- интеграция с системами градостроительного планирования;
- активное вовлечение населения через механизмы «гражданской науки».

Реализация предложенных мер позволит существенно повысить эффективность контроля шумового загрязнения и создать научно обоснованную базу для управления акустической средой в городских агломерациях стран СНГ.

Список использованных источников

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2023 году. Проект Государственного доклада. – М.: Минприроды России; ООО «Интеллектуальная аналитика»; ФГБУ «Дирекция НТП»; Фонд экологического мониторинга и международного технологического сотрудничества, 2024. – 707 с.

2. Буторина М.В., Те Цзявей., Элькин Ю.И. Сравнение нормативов и методов снижения шума в Китае и России. *Noise Theory and Practice*. – 2025. - N 1. - С. 53-66.

3. Доклад о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2024 году. Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, 2024. – 225 с.

4. Результаты мониторинга уровней шума по данным передвижной экологической лаборатории // Портал открытых данных Правительства Москвы : [Электронный ресурс]. - URL: <https://data.mos.ru/opendata/2449> (дата обращения: 10.10.2025).

5. Тишина под контролем: как будет отслеживаться шум на стройках Москвы : [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7852861> (дата обращения: 10.10.2025).

6. Картышев М.О. Эксплуатация системы мониторинга шума стройплощадок с применением критерия шумности и алгоритмов машинного обучения / Доклад на X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Защита от шума и вибрации», Санкт-Петербург, 1-3 октября 2025 г.

7. И.Л. Марголина, Б.Ю. Петраш, Е.А. Береза. Особенности динамики уровня шума в центре жилого квартала крупного города // Вестник МГПУ. Серия: Естественные науки : [Электронный ресурс]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-dinamiki-urovnya-shuma-v-tsentre-zhilogo-kvartala-krupnogo-goroda> (дата обращения: 10.10.2025).

8. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2022 году/ Под редакцией А.В. Германа, И.А. Серебрицкого – СПб. - 2023. – 226 с.

9. Вопрос-ответ - Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Санкт-Петербургу : [Электронный ресурс]. - URL: <https://78.rospotrebnadzor.ru/vopros-otvet/1373/> (дата обращения: 10.10.2025).

10. Госстройнадзор Санкт-Петербурга провел в 2021 году 927 проверок : [Электронный ресурс]. - URL: <https://gsnspb.ru/news/gosstroyнадзор-sankt-peterburga-provel-v-2021-godu-927-proverok/> (дата обращения: 10.10.2025).
11. Butorina, A. Shabarova, D. Kuklin. Noise zoning of the city using noise mapping/ Proceedings of 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2020 ElConRus), St.Petersburg, Russia, January. - 2020. - P. 1495-1497.
12. В Узбекистане ужесточают меры по защите граждан от шума : [Электронный ресурс]. - URL: <https://kun.uz/ru/news/2025/10/07/v-uzbekistane-ujestochayut-mery-pozashchite-grajdan-ot-shuma> (дата обращения: 10.10.2025).
13. Ахатов А.Р., Буторина М.В., Тюрина Н.В. Особенности нормирования и контроля шума в Республике Узбекистан / Noise Theory and Practice. - 2024. - N 1. - С. 59-68.
14. Буторина М.В., Кобилов Э.Э. Шумовое загрязнение: нормирование, методы оценки и картирование. В сборнике Международной научно-практической конференции «Экологическая ситуация и проблемы охраны окружающей среды, инновационные решения и перспективы», Самарканд, Узбекистан, июнь, 2025.
15. Ashurmahmatov S.I., Komilova N.K., Qobilov E.E. Environmental assessment of transport noise in the city of Samarkand and its impact on the human body. Central Asian Journal of Medical and Natural Sciences, Volume 5, Issue 4 (October 2024). - Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 2024. - pp. 502-508. ISSN: 2660-4159. URL: <https://cajmns.centralasianstudies.org/index.php/CAJMNS>
16. Ежегодный отчет о предотвращении и контроле шумового загрязнения в Китае. Министерство экологии и окружающей среды Китайской Народной Республики, 2022. - 36 с.
17. Васильев А.В. Особенности и результаты мониторинга транспортного шума на примере Самарской области России / А.В. Васильев // Поволжский экологический журнал. - 2021. - N 4. - С. 436-446. - DOI: 10.35885/1684-7318-2021-4-436-446.
18. Интерактивная карта шумового загрязнения городов России : [Электронный ресурс]. - URL: <http://alexwolga.ru/interaktivnye-karty/1-noise-heatmap> (дата обращения: 10.10.2025).
19. Клепиков О. В., Подмаркова А. А., Прожорина Т. И., Суханов П. А. Результаты мониторинговых исследований влияния автотранспортного шума на формирование акустической обстановки в городе Воронеже // МНИЖ : [Электронный ресурс]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-monitoringovyh-issledovaniy-vlianiya-avtotransportnogo-shuma-na-formirovanie-akusticheskoy-obstanovki-v-gorode-voronezhe> (дата обращения: 10.10.2025).
20. В России создали интерактивную карту шума // Журнал Домклик : [Электронный ресурс]. - URL: https://blog.domclick.ru/novosti/post/v-rossii-sozdali-interaktivnuyu-kartu-shuma?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (дата обращения: 10.10.2025).
21. Некрасиво звучит: карта шума с ИИ решит проблему громких вечеринок на Патриарших // Известия : [Электронный ресурс]. - URL: <https://iz.ru/1915029/denis-gritcenko/nekrasivo-zvuchit-karta-shuma-s-ii-reshit-problemu-gromkih-vecherinok-na-patriarshih> (дата обращения: 10.10.2025).
22. Фролов И.И., Кудрявцев Н.Г., Сафонова В.Ю., Кудин Д.В. Использование технологий машинного обучения при решении задачи классификации сигналов мониторинга инфразвукового фона // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики : [Электронный ресурс]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologiy-mashinnogo-obucheniya-pri-reshenii-zadachi-klassifikatsii>

signalov-monitoringa-infrazvukovogo-fona (дата обращения: 10.10.2025).

23. Mann S., Singh G. Traffic noise monitoring and modelling — an overview // Environmental Science and Pollution Research. - 2022. - Vol. 29. - P. 55568–55579.

24. Ashurmakhmatov, S.I.U., Kobilov, E.E., Madjidova, T.R., Tuxtayev, M.K., Belyalova, L.E., Sa'dinovna Yarmatova, D., Yessenamanova, M. Comparative analysis of environmental impact of vehicle noise sources in Samarkand and Tashkent. International Journal of Transport Development and Integration. - 2025. - Vol. 9, N. 2. - P. 307-315. <https://doi.org/10.18280/ijtdi.090208>

References

1. On the State and Protection of the Environment of the Russian Federation in 2023. Draft State Report. Moscow: Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation; Intellectual Analytics LLC; Scientific and Progress Directorate; Foundation for Environmental Monitoring and International Technological Cooperation, 2024. 707 p.

2. Butorina, M.V., Tie Jiawei, and Elkin, Yu.I. Comparison of Noise Reduction Standards and Methods in China and Russia. Noise Theory and Practice. – 2025. - N 1. - P. 53-66.

3. Report on the State of the Environment in Moscow in 2024. Department of Nature Management and Environmental Protection of the City of Moscow, 2024. 225 p.

4. Results of Noise Level Monitoring Based on Data from a Mobile Environmental Laboratory // Moscow Government Open Data Portal : [Electronic resource]. - URL: <https://data.mos.ru/opendata/2449> (date of reference 10.10.2025).

5. Silence Under Control: How Noise at Moscow Construction Sites Will Be Monitored : [Electronic resource]. - URL: <https://www.kommersant.ru/doc/7852861> (date of reference 10.10.2025).

6. Kartyshev M.O. Operation of a Construction Site Noise Monitoring System Using a Noise Criterion and Machine Learning Algorithms / Presentation at the 10th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Noise and Vibration Protection», St. Petersburg, October 1-3, 2025.

7. Margolina I.L., Petrash B.Yu., Bereza E.A. Noise Level Dynamics in the Center of a Residential Quarter of a Large City // Bulletin of Moscow State Pedagogical Univ. Series: Natural Sciences : [Electronic resource]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-dinamiki-urovnya-shuma-v-tsentre-zhilogo-kvartala-krupnogo-goroda> (date of reference 10.10.2025).

8. Report on the environmental situation in St. Petersburg in 2022 / Edited by A.V. German, I.A. Serebriy - SPb. - 2023. - 226 p.

9. Question and Answer - Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in St. Petersburg : [Electronic resource]. - URL: <https://78.rospotrebnadzor.ru/vopros-otvet/1373/> (date of reference 10.10.2025).

10. The St. Petersburg State Construction Supervision Authority conducted 927 inspections in 2021 : [Electronic resource]. - URL: <https://gsnspb.ru/news/gosstroynadzor-sankt-peterburga-provel-v-2021-godu-927-proverok/> (date of reference 10.10.2025).

11. Butorina, A. Shabarova, D. Kuklin. Noise zoning of the city using noise mapping/ Proceedings of 2020 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (2020 ElConRus), St. Petersburg, Russia, January. - 2020. - P. 1495-1497.

12. Uzbekistan is tightening measures to protect citizens from noise : [Electronic resource]. - URL: <https://kun.uz/ru/news/2025/10/07/v-uzbekistane-ujyestochayut-mery-po-zashchite-grazdan-ot-shuma> (date of reference 10.10.2025).

13. Akhatov A.R., Butorina M.V., Tyurina N.V. Features of noise regulation and control in the Republic of Uzbekistan / Noise Theory and Practice. - 2024. - N 1. - P. 59-68.
14. Butorina M.V., Kobilov E.E. Noise pollution: regulation, assessment methods, and mapping. In the Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Ecological Situation and Environmental Protection Problems, Innovative Solutions and Prospects», Samarkand, Uzbekistan, June 2025.
15. Ashurmahmatov S.I., Komilova N.K., Qobilov E.E. Environmental assessment of transport noise in the city of Samarkand and its impact on the human body. Central Asian Journal of Medical and Natural Sciences, Volume 5, Issue 4 (October 2024). - Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 2024. - pp. 502-508. ISSN: 2660-4159. URL: <https://cajmns.centralasianstudies.org/index.php/CAJMNS>
16. Annual Report on Noise Pollution Prevention and Control in China. Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, 2022. - 36 p.
17. Vasiliev A.V. Features and Results of Transport Noise Monitoring: The Case of the Samara Region of Russia / A.V. Vasiliev // Volga Region Environmental Journal. - 2021. - N 4. - P. 436-446. - DOI: 10.35885/1684-7318-2021-4-436-446.
18. Interactive map of noise pollution in Russian cities : [Electronic resource]. - URL: <http://alexwolga.ru/interaktivnye-karty/1-noise-heatmap> (date of reference 10.10.2025).
19. Klepikov O. V., Podmarkova A. A., Prozhorina T. I., Sukhanov P. A. Results of monitoring studies of the influence of road traffic noise on the formation of the acoustic situation in the city of Voronezh // MNIZH : [Electronic resource]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-monitoringovyh-issledovaniy-vliyaniya-avtotransportnogo-shuma-na-formirovanie-akusticheskoy-obstanovki-v-gorode-voronezhe> (date of reference 10.10.2025).
20. An interactive noise map has been created in Russia // Domclick Magazine : [Electronic resource]. - URL: https://blog.domclick.ru/novosti/post/v-rossii-sozdali-interaktivnuyu-kartu-shuma?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F (date of reference 10.10.2025).
21. It sounds ugly: an AI-powered noise map will solve the problem of loud parties on Patriarch's Ponds // Izvestia : [Electronic resource]. - URL: <https://iz.ru/1915029/denis-gritcenko/nekrasivo-zvuchit-karta-shuma-s-ii-reshit-problemu-gromkih-vecherinok-na-patriarshih> (date of reference 10.10.2025).
22. Frolov Ivan Nikolaevich, Kudryavtsev Nikolay Georgievich, Safonova Varvara Yuryevna, Kudin Dmitry Vladimirovich Use of machine learning technologies in solving the problem of classifying infrasound background monitoring signals // Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics : [Electronic resource]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-tehnologiy-mashinnogo-obucheniya-pri-reshenii-zadachi-klassifikatsii-signalov-monitoringa-infrazvukovogo-fona> (date of reference 10.10.2025).
23. Mann S., Singh G. Traffic noise monitoring and modelling — an overview // Environmental Science and Pollution Research. - 2022. - Vol. 29. - P. 55568–55579.
24. Ashurmakhmatov, S.I.U., Kobilov, E.E., Madjidova, T.R., Tuxtayev, M.K., Belyalova, L.E., Sa'dinovna Yarmatova, D., Yessenamanova, M. Comparative analysis of environmental impact of vehicle noise sources in Samarkand and Tashkent. International Journal of Transport Development and Integration. - 2025. - Vol. 9, N. 2. - P. 307-315. <https://doi.org/10.18280/ijtdi.090208>