

---

УДК 504.3.054

### **Проблемы построения систем мониторинга акустического загрязнения селитебных зон\***

Булкин В.В., Соловьев Л.П., Шарапов Р.В., Первущин Р.В., Кириллов И.Н.

Шумовое загрязнение селитебных зон становится всё более серьёзной проблемой. Постоянное увеличение интенсивности автомобильного транспорта, наличие в городской среде строительных или промышленных площадок, приводят к тому, что зона акустического дискомфорта в современных городах достигает 50% их территории. Актуальной становится проблема мониторинга акустического загрязнения селитебных зон, прогнозирование возможного распространения шума вглубь жилой территории. Кроме акустических шумов звукового диапазона, всё больший вклад в общую картину загрязнения вносят инфра- и ультразвуковые волны, контроль которых имеет свои особенности. При прогнозировании распространения акустического шума необходимо учитывать локальные метеорологические параметры, характерные для конкретных районов городской среды. Таким образом, актуальной становится задача создания совмещённых систем контроля, работающих в автоматическом режиме. Прогнозирование характера распространения шума может быть обеспечено использованием средств геоинформационных систем. В статье дан анализ известных и возможных подходов и средств к решению проблемы эффективного мониторинга акустического загрязнения селитебных территорий.

*Ключевые слова:* акустический шум, метеорологические параметры, инфразвук, визуализация, измерительная система.

### **The problems of creating monitoring systems for acoustic noise pollution in residential areas**

Bulkin V.V., Solovjev L.P., Sharapov R.V., Pervushin R.V., Kirillov I.N.

Noise pollution of residential areas is becoming an increasingly serious problem. Continuous growth in automotive transport intensity, construction and industrial sites in the urban environment lead to the fact that the acoustic discomfort zone in modern cities covers up to 50 % of their territory. It is urgent to monitor acoustic noise pollution in residential areas as well as predict possible noise propagation deep into residential areas. Besides acoustic noise of the audible range, infrasound and ultrasonic waves aggravate noise pollution. When predicting acoustic noise propagation, it is necessary to consider the local meteorological parameters for specific areas of urban environment. Thus, the task of creating automatic combined monitoring systems is becoming extremely important. Noise propagation prediction can be provided by means of geographic information systems. The paper analyzes the known and possible approaches and tools for solving the problem of efficient noise pollution monitoring of residential areas.

*Keywords:* acoustic noise, meteorological parameters, infrasound, visualization, measuring system.

#### **Введение**

Акустические шумы в городской среде возникают при осуществлении многих производственных, социальных и бытовых процессов. Проблема шума становится одной из основных проблем современного урбанизированного пространства. Многочисленные исследо-

вания свидетельствуют о том, что шум высокой интенсивности оказывает вредное влияние на человеческий организм: изменяется ритм сердечной деятельности, повышается кровяное давление, ухудшается слух, ускоряется процесс утомления, замедляются физические и психологические реакции.

\* Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №14-08-00186.

Шум понижает работоспособность при умственном труде примерно на 60 %, а при физическом – на 30 %, с увеличением уровня шума от 70 до 90 дБ производительность труда снижается на 20 %. Нарушения в органе слуха, вызванные интенсивным шумом, занимают первое место в общероссийской структуре профессиональных заболеваний ЛОР-органов (54,8%) [1].

Цель работы – рассмотреть проблемы построения систем мониторинга акустического загрязнения селитебных зон.

### **Проблемы построения систем мониторинга акустического загрязнения селитебных зон**

Особенно большое влияние на формирование общей шумовой обстановки в населённых пунктах оказывает транспорт. Например, в далеко не самом крупном городе Муроме интенсивность движения на некоторых перекрёстках достигает до 11300 единиц в сутки (в среднем 470 в час) при уровне шума, порой, более 100 дБА [2]. Шум, возникающий на проезжей части магистрали, распространяется не только на примыкающую территорию, но и вглубь жилой застройки. В связи с ускорением процесса урбанизации в крупных городах зона акустического дискомфорта достигает уже примерно 50% территории, при этом в зону негативного воздействия автомобильного шума попадают практически все территории больниц, школьных и дошкольных учреждений, жилые дома, расположенные на расстоянии до 400 м от улиц и дорог [3].

К основным методам борьбы с шумом относятся уменьшение уровня шумов в их источниках и использование специальных шумозащитных и шумопоглощающих сооружений. Наиболее часто в городах с целью уменьшения шумовых воздействий используют специальные шумозащитные (барьерные) экраны, фронтально размещаемые вдоль магистралей и образующих акустическую тень.

Но их размещение и установка осуществляется бессистемно и даёт частные эффекты. В связи с этим актуальной становится задача составления шумовых карт городов, для чего необходимо проведение совокупности исследовательских работ по анализу акустической обстановки и прогнозированию направления распространения шума под влиянием локальных условий, включая условия метеорологические [4,5].

В программе действий «Повестка дня на XXI век», принятой на Конференции ООН, состоявшейся в Рио-де-Жанейро в 1992 г., отмечено, что всем государствам необходимо иметь программы по определению экологических факторов, угрожающих здоровью, и уменьшению соответствующих рисков. Существующие в настоящее время системы мониторинга состояния окружающей среды селитебных территорий постоянно контролируют лишь метеопараметры. Уровни шумов звукового диапазона и содержание вредных веществ в атмосферном воздухе определяются лишь периодически или эпизодически. Уровни инфразвуков и ультразвуков, вибраций, электромагнитных излучений практически не измеряются [6]. С тех пор прошло более 20 лет, однако можно уверенно говорить о том, что принципиальных изменений, хотя бы в отношении контроля акустического загрязнения, не произошло.

Если наличие и примерный уровень шума в звуковом диапазоне фиксируется органами чувств человека, то для чувственного определения наличия и уровней шумов в ультразвуковом и инфразвуковом диапазонах человек возможностей не имеет.

Ультразвуком называют механические колебания, распространяющиеся в упругих средах (жидкости, газе) и твердых телах с частотами свыше 20 кГц. Непреднамеренные источники ультразвука имеют обычно очень небольшую интенсивность и их воздействия

обычно не учитываются. Специально используемыми источниками ультразвука на производстве является оборудование, в котором генерируются ультразвуковые колебания для выполнения технологических процессов, технического контроля и измерения, а также для проведения медицинских исследований. Воздействие ультразвука вызывает изменения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов, поэтому при работе с ультразвуковым оборудованием принимаются специальные меры защиты от воздействия ультразвука.

Иначе обстоят дела с инфразвуком. Инфразвук – упругие волны, аналогичные звуковым, но с частотами ниже частоты 16-18 Гц. Инфразвук вызывает нервное перенапряжение, недомогание, головокружение, изменение деятельности внутренних органов, особенно нервной и сердечно – сосудистой систем. Для инфразвука характерно малое поглощение в различных средах вследствие чего инфразвуковые волны в воздухе, воде и в любых твердых средах могут распространяться на очень далёкие расстояния.

Источниками инфразвука являются: автомобильный транспорт, железнодорожный транспорт и трамваи, промышленные установки аэродинамического и ударного действия, вентиляция промышленных установок и помещений, реактивные самолеты. В городской и промышленной среде генерируются достаточно высокие уровни инфразвука, а учитывая его высокую проникающую способность и невозможность его чувственной фиксации, то определение уровней инфразвука при составлении шумовых карт городов является очень актуальным [7].

Эти положения ставят задачу разработки высококачественного аппаратного средства для осуществления мониторинга в урбанизированных зонах, т.е. переносного пассивного акустолокатора.

Вместе с тем, простое выявление характеристик шума не может решить все возникающие проблемы, т.к. анализ основных параметров шумового загрязнения, а также путей его распространения, уровня затухания и т.д. невозможен без учёта влияния урбанизации на локальные или региональные климатические условия, поскольку города создают специфический климат внутри себя. Под влиянием активной техногенной деятельности, а также переноса самых различных загрязнений из жилых и промышленных районов, климат города изменяется не только в локальном, но и в региональном масштабе, а в случае городов-мегаполисов – и в глобальном [8]. Таким образом, становится актуальной задача совмещения экологического (акустического) мониторинга с мониторингом метеорологическим. Контроль метеопараметров осуществляется на специальных метеорологических станциях, результаты измерений считаются средними для данной территории. Однако каждая из характерных территорий города имеет свои климатические особенности, что может менять, причём принципиально, некоторые из параметров, влияющих на характер локализации или распространения шума [9,10]. В первую очередь к таким параметрам относятся скорость и направление ветра, а также температура воздушной среды и её распределение в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Очевидно, что если для высокоточного контроля акустических шумов на селитебных территориях необходим переносной акустолокатор, то для контроля метеорологических параметров применительно к конкретной городской зоне также необходим соответствующий по классу метеорологический прибор.

А поскольку речь идёт о создании систем сбора информации, а различных, зачастую достаточно удалённых друг от друга городских или районных зон, такая система должна быть автоматизированной и обеспечивать возмож-

ность прогнозирования и визуализации прогноза распространения шума вглубь селитебной зоны.

Применительно к различным задачам метеорологического мониторинга такая проблема решалась различными вариантами [11, 12, 13, 14]. Как показывает анализ релевантной информации, построение таких систем имеет ряд общих принципов, реализуемых посредством известных технических решений. Вместе с тем, с учётом конкретных особенностей построения самой контрольно-измерительной системы, решаемых задач, структура системы будет иметь свои особенности.

Визуализация результатов мониторинга наглядно осуществляется средствами геоинформационных систем (ГИС). Для этих целей успешно используются как коммерческие (ArcInfo, MapInfo, Panorama, Ingeo) так и свободно распространяемые ГИС (Quantum GIS, vSIG).

Одним из преимуществ использования ГИС является возможность привязки данных наблюдений к картографической основе. Это позволяет учитывать пространственное распространение исследуемых явлений и проводить математическое моделирование [15,16].

### Заключение

Таким образом, разработка методов и средств мониторинга селитебных территорий, обеспечивающих осуществление комплексного анализа влияния различных акустических загрязнений, является задачей актуальной.

Выявление взаимосвязи и совместного влияния указанных параметров на характер экологической обстановки, относится к задачам фундаментального порядка [17]. Решение такой фундаментальной задачи невозможно без применения соответствующего оборудования, что ставит задачу разработки и построения измерительно-информационной системы получения, обработки и представления данных.

### Литература

1. Мухамедова Г.Р. Характеристики отоакустической эмиссии улиц, подвергающихся воздействию интенсивного производственного шума: Дис. ... канд. мед. наук. – Москва: 2006. – 16 с.
2. Калинин М.В. Некоторые аспекты проблемы загрязнения урбанизированных территорий автотранспортом (на примере города Муром) // Экология и промышленность России, 2012, №12. – С.2-5.
3. Соловьёв Л.П., Булкин В.В., Шапов Р.В. Существование человека в рамках техносферы // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2012, №1(11). – С.31-39.
4. Булкин В.В., Булкин А.В. Распределение ветровых потоков в урбанизированном пространстве как элемент системы контроля экологической обстановки // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2008, №5. – С.14-20.
5. Беляев В.Е., Булкин В.В., Кириллов И.Н. Оперативный акустолокационный мониторинг приземного слоя атмосферы // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2010, №7. – С.18-21.
6. Доклад Конференции Организации Объединённых Наций по окружающей среде и развитию. Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 года. Том1. – Режим доступа: [http://www.un.org/ru/documents/ods.asp?m=A/CONF.151/26/REV.1\(VOL.I\)](http://www.un.org/ru/documents/ods.asp?m=A/CONF.151/26/REV.1(VOL.I))
7. Воздействие инфразвука на организм человека // Дорожно-строительная техника. Ежедневное электронное издание. Выпуск №23. Статья №4. – Режим доступа: <http://www.mrmz.ru/article/v23/article4.htm>
8. Smit K. Principles of Applied Climatology. – McGraw-Hill Book Company (UK) Limited, London, 1975.
9. Панова М.С., Булкин В.В. О достоверности контроля синоптических параметров при наличии и отсутствии возмущающих факторов техногенного характера // Методы и устройства передачи и обработки информации, 2010, № 1(12). – С.38-40.
10. Булкин В.В., Григорюк Е.Н., Булкин А.В. Анализ возможного влияния распределения ветровых потоков на характер распространения загрязняющих веществ в окрестностях Мурома // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2012, №2(12). – С.16-19.

11. Булкин В.В., Беляев В.Е., Кириллов И.Н. Модель пассивно-активной акустолокационной эколого-метеорологической системы // Проектирование и технология электронных средств, 2011, №1. – С.35-37.
12. Рязанов А.З., Васючкова Е.И., Воронич С.С., Багрянцев В.А., Слепченко В.Н., Ломакин Г.В. Возможности развития аппаратурно-методического обеспечения региональной системы экологического мониторинга // Экологические системы и приборы, 2012, №7. – С.13-17.
13. Первушин Р.В. Модель измерительной радиометеорологической системы // Методы и устройства передачи и обработки информации, 2009, № 11. – С.406-410.
14. Булкин В.В. Совмещённые радиолокационные системы метеорологического назначения // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2014, №1. – С.73-86.
15. Демиденко А.Г. Опыт применения ГИС-технологий КБ "Панорама" при построении автоматизированных систем мониторинга // Инженерные изыскания, 2009, № 10. – С. 62-66.
16. Шарапов Р.В., Шарاپова Е.В., Цветников А.В. Геоинформационная система единого экологического мониторинга региона // Валихановские чтения-10: Сборник материалов международной научно-практической конференции. Том 9. Казахстан, Кокшетау, 2005. – С. 263-266.
17. Соловьёв Л.П. Совершенствование системы мониторинга селитебных территорий населенных пунктов эколого-экономических систем // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности, 2013, № 2. – С.15-19.
3. Solovjev L.P., Bulkin V.V., Sharapov R.V. Sushhestvovanie cheloveka v ramkah tehnosfery [The existence of man in the technosphere] // Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti [Engineering industry and life safety], 2012, № 1 (11). – P.31-39.
4. Bulkin V.V., Bulkin A.V. Raspredelenie vetrovykh potokov v urbanizirovannom prostranstve kak jelement sistemy kon-trolja jekologicheskoy obstanovki [Distribution of wind flows in an urban space as an element of control environmental conditions] // Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti [Engineering industry and life safety], 2008, № 5. – P.14-20.
5. Belyaev V.E., Bulkin V.V., Kirillov I.N. Operativnyj akustolokacionnyj monitoring prizemnogo sloja atmosfery [Operational monitoring acoustic location atmospheric boundary layer] // Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti [Engineering industry and life safety], 2010, № 7. – P.18-21.
6. Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Rio de Janeiro, 3-14 June 1992. Volume 1. [http://www.un.org/ru/documents/ods.asp?m=A/CONF.151/26/REV.1 \(VOL.I\)](http://www.un.org/ru/documents/ods.asp?m=A/CONF.151/26/REV.1 (VOL.I))
7. Impact of infrasound on the human body // Construction equipment. Weekly electronic publication. Issue 23. Article 4. <http://www.mrmz.ru/article/v23/article4.htm>
8. Smit K. Principles of Applied Climatology. – McGraw-Hill Book Company (UK) Limited, London, 1975.
9. Panova M.S., Bulkin V.V. O dostovernosti kontrolja sinopticheskikh parametrov pri nalichii i otsutstvii vozmushhajushhih faktorov tehnogenogo haraktera [The reliability of the synoptic control parameters in the presence and absence of disturbing factors manmade] // Metody i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii [Methods and the transmission and processing of information], 2010, № 1 (12). – P.38-40.
10. Bulkin V.V., Grigorjuk E.N., Bulkin A.V. Analiz vozmozhnogo vlijanija raspredelenija vetrovykh potokov na harakter rasprostraneniya zagrzjaznjajushhih veshhestv v okrestnostjakh Muroma [An analysis of the possible impact of the distribution of wind flows on the distribution of contaminants in the vicinity of Murom] // Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti [Engineering industry and life safety], 2012, № 2. – P.16-19.
11. Bulkin V.V., Belyaev V.E., Kirillov I.N. Model' pассивno-aktivnoj akustolokacionnoj jekologo-meteorologicheskoy sistemy [Model of passive-active acoustic location ecological-meteorological system] // Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti [Engineering industry and life safety], 2012, № 1 (11). – P.31-39.

## References

1. Mukhamedova G.R. Harakteristiki otoakusticheskoy jemissii ulic, podvergajushhihsja vozdejstviyu intensivnogo proizvodstvennogo shuma [Otoacoustic emission characteristics in individuals exposed to intense industrial noise]: PhD work. – Moscow: 2006. – 16 p.
2. Kalinichenko M.V. Nekotorye aspekty problemy zagrzjaznenija urbanizirovannyh territorij avtotransportom (na primere goroda Muroma) [Some aspects of the problem of pollution in urban areas motor vehicles (for example, the city of Murom)] // Jekologija i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia], 2012, №12. – P.2-5.

rologicheskoy sistemy [Model of passive-active acoustic location ecological and meteorological system] // Proektirovanie i tehnologiya jelektronnyh sredstv [Design and technology of electronic means], 2011, № 1. – P.35-37.

12. *Ryazapov A.Z., Vasyuchkova E.I., Voronich S.S., Bagryantsev V.A., Slepchenko V.N., Lomakin G.V.* Vozmozhnosti razvitiya apparaturno-metodicheskogo obespecheniya regional'noj sistemy jekologicheskogo monitoringa [Opportunities for the development of hardware and methodological support of the regional environmental monitoring system] // Jekologicheskie sistemy i pribory [Environmental Systems and Devices], № 7, 2012. – P.13-17.

13. *Pervushin R.V.* Model' izmeritel'noj radiometeorologicheskoy sistemy [Model radiometeorological measuring system] // Metody i ustrojstva peredachi i obrabotki informacii [Methods and the transmission and processing of information], 2009, № 11. – P.406-410.

14. *Bulkin V.V.* Sovmeshjonnye radiolokacionnye sistemy meteorologicheskogo naznacheniya [Combined radar systems for meteorological purposes] // Radiotekhnicheskie i telekommunikacionnye sistemy [Ra-

dio Engineering and Telecommunication Systems], 2014, №1. – P.73-86.

15. *Demidenko A.G.* Opyt primeneniya GIS-tehnologij KB "Panorama" pri postroenii avtomatizirovannyh sistem monitoringa [Experience in the application of GIS technology KB "Panorama" in the construction of automated monitoring systems] // Inzhenernye izyskanija [Engineering surveys], 2009, № 10. – P.62-66.

16. *Sharapov R.V., Sharapova E.V., Tsvetnikov A.V.* Geoinformacionnaja sistema edinogo jekologicheskogo monitoringa regiona [Geoinformation system of unified environmental monitoring region] // Valihanovskie chtenija-10: Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Proceeding of Valihanov reeds 10]. Vol. 9. Kazakhstan, Kokshetau, 2005. – P.263-266.

17. *Solovjev L.P.* Sovershenstvovanie sistemy monitoringa selitebnyh territorij naseleennyh punktov jekologo-jekonomicheskikh sistem [Improvement of monitoring residential areas of ecological and economic systems] // Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti [Engineering industry and life safety], 2013, № 2. – P.15-19.

**Статья поступила в редакцию 12 марта 2014 г.**

---

*Булкин Владислав Венедиктович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: vvbulkin@mail.ru

*Соловьев Лев Петрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: solovjev47@mail.ru

*Шарапов Руслан Владимирович* – кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: info@vanta.ru

*Первушин Радислав Валентинович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: prv@pochta.ru

*Кириллов Иван Николаевич* – аспирант кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: lwb@mivlgu.ru

---

*Bulkin Vladislav Venediktovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: vbulkin@mail.ru

*Solovjev Lev Petrovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: solovjev47@mail.ru

*Sharapov Ruslan Vladimirovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: info@vanta.ru

*Pervushin Radislav Valentinovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University. E-mail: prv@pochta.ru

*Kirillov Ivan Nikolaevich* – Graduate student, Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: lwb@mivlgu.ru