

# МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА АКУСТИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ РОССИИ

**А.В. Якимович, А.В. Васильев, В.А. Васильев**

ПАО "КуйбышевАзот", г. Тольятти, Самарский научный центр РАН,  
Тольяттинский государственный университет

В настоящее время значительно возросло негативное воздействие различных источников шума в условиях урбанизированных территорий. Важными мероприятиями по снижению шума являются акустический мониторинг и составление карт шума урбанизированных территорий. Рассмотрены особенности существующих методов мониторинга акустических загрязнений и их недостатки. Предложены методы мониторинга с использованием автоматизированной системы, позволяющей осуществлять непрерывные измерения уровней звука и других соответствующих параметров окружающей среды. Предложен подход к составлению карт шума. Предложенные методы и подходы к мониторингу акустических загрязнений апробированы в условиях территории Самарской области России. С использованием результатов проведенных измерений и разработанного программного обеспечения составлены карты акустических загрязнений территории Самарской области.

*Ключевые слова:* мониторинг, шум, акустическое загрязнение, урбанизированная территория, карта шума, апробация

## Methods and Results of Monitoring of Acoustical Pollutions of Urban Territories on the Example of Samara Region of Russia

**A.V. Yakimovich, A.V. Vasilyev, V.A. Vasilyev**

"KuibyshevAzot" Public Joint Stock Company, 445007 Togliatti, Russia,  
Samara Scientific Center of Russian Academy of Science, 443001 Samara, Russia,  
Togliatti State University, 443100 Togliatti, Russia

For the time being acoustical impact to the living territory is significantly increased. Imported methods of urban noise reduction are acoustical monitoring and noise mapping of urban territories. Important measures allowing to reduce negative noise impact are acoustical monitoring and noise mapping of urban territories. Peculiarities and negative features of existing methods of monitoring of acoustical pollutions are considered. Methods of monitoring with using of automated system are suggested allowing to carry out continuous measurements of noise and of the other parameters of environment. New approach to noise mapping is suggested. Methods and approaches to monitoring of acoustical pollutions are approbated in conditions of urban territory of Samara region of Russia. By using of the results of noise measurements and developed program provision noise maps of urban territory of Samara region have been developed.

*Key words:* monitoring, noise, acoustical pollution, urban territory, noise mapping, approbation

DOI: 10.18412/1816-0395-2019-06-28-33



**В** настоящее время значительно возросло воздействие акустического загрязнения окружающей среды, особенно на территории жилой застройки. Интенсивное акустическое воздействие оказывают шум автомобильного транспорта и шум при работе промышленных предприятий. Всё более заметными становятся шум при строительных работах, городской шум и др. [1–6].

Воздействию повышенных уровней шума, по некоторым

данным, подвергается каждый второй житель планеты. При этом городской шум имеет тенденцию к росту. Уровень шума в городах возрастает ежегодно в среднем на 0,5–1,0 дБА в год [3]. В России свыше 35 млн чел. подвержено воздействию транспортного шума, превышающего нормативы, а в целом от воздействия повышенного уровня шума страдает более половины населения.

Эффективного снижения воздействия шума, излучае-

мого в окружающую среду, можно достичь только путем реализации комплекса мероприятий. При этом одним из важнейших мероприятий является мониторинг акустического воздействия. Использование существующих методов мониторинга акустического загрязнения не всегда обеспечивает возможность эффективного анализа и прогнозирования шума. В связи с этим крайне актуальной задачей является обеспечение высококачественного акустического мониторинга и составления карт шума урбанизированных территорий.

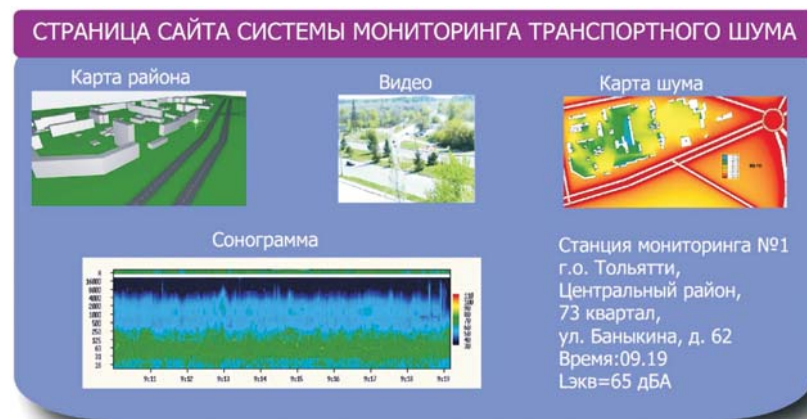
В настоящей статье рассмотрены современные подходы к мониторингу акустических загрязнений урбанизированных территорий и результаты их апробации в условиях Самарской области.

### *Существующие методы мониторинга*

Проведенный анализ существующих методов и подходов к мониторингу акустического загрязнения окружающей среды позволяет выделить следующие основные этапы мониторинга:

- определение наиболее шумоопасных зон урбанизированной территории;
- исследование распространения шума по территории жилой застройки с использованием методик расчетов и программы продуктов (например, LIMA, SoundPlan, CadnaA и др.);
- измерение шума в условиях урбанизированных территорий с использованием измерительных приборов (Bruel&Kjaer, 01 dB, SVAN, Октава и др.);
- обработка экспериментальных данных и выдача заключения о соответствии нормативным требованиям;
- построение карт шума;
- разработка мероприятий по снижению воздействия акустических загрязнений.

При использовании существующих методов акустиче-



**Рис. 1. Страница веб-сайта системы мониторинга, установленной в г. Тольятти**

**Fig. 1. Page of the website of the monitoring system installed in the city of Togliatti**

ского мониторинга необходимо помнить, что результаты измерений зависят от условий окружающей среды: метеоусловий (ветер, температура и температурные отклонения, влажность, давление), препятствий в виде барьеров и зданий, поглощения и отражения почвой и атмосферой; от расстояния от источника шума; от квалификации персонала, проводящего измерения; от воздействия других источников шума.

Следует отметить значительную трудоемкость заключительной обработки полученных результатов измерений.

Использование результатов измерений, выполненных в течение лишь одного дня, приводит к появлению погрешности, связанной с нетипичностью атмосферных условий и состояния земного покрова. Величина такой погрешности может составлять до 10 дБ. Кроме того, результаты измерений, полученные в течение одного дня, не соотнесены с одним источником шума. Большую проблему при неавтоматизированном сборе данных представляет обеспечение качества входных данных, так как именно от них во многом зависит точность конечных результатов.

Следует также отметить, что подходы к мониторингу шума в России и странах За-

пада имеют ряд различий [4–6]. В частности, это касается таких существенных моментов, как непрерывность и долгосрочность измерений. Имеется также ряд существенных различий в российских и зарубежных стандартах по оценке шума (например, в России совершенно не нормируется шум в вечерний период — только в дневной и ночной), в методиках проведения измерений и составления карт шума [4].

### *Методика непрерывного мониторинга*

Очевидно, что проведение долгосрочного автоматизированного мониторинга позволяет значительно повысить точность результатов измерений и качество обработки измерений шума. Для того чтобы разобраться в акустических параметрах обследуемой урбанизированной территории, необходимо собрать большое количество детализированных данных, которые сложно структурировать и анализировать с помощью традиционных методов и систем мониторинга. Благодаря GPRS- (или ADSL) технологиям и сети Интернет в настоящее время возможны автоматизированный сбор, хранение и публикация результатов измерений в сети Интернет в реальном времени, а также публикация обновляющихся карт шума в соответ-

ствии с измеренными уровнями шума.

Особенность предлагаемой авторами системы мониторинга — обеспечение автоматизированной круглосуточной регистрации данных результатов измерений уровней шума и других соответствующих параметров окружающей среды, возможность проведения измерений в полевых условиях в отсуствии оператора. В состав системы входят:

- одна или несколько станций мониторинга — шумомер, система электропитания, маршрутизатор и др.;
- центральный модуль (устройство анализа и хранения данных);
- канал передачи данных (GPRS/ADSL и Internet).

При помощи шумомера измеряется широкий спектр акустических параметров и выявляются акустические события. Посредством сети Интернет все станции системы непрерывного мониторинга соединены с центральной, в которой осуществляется хранение и анализ полученных данных.

Работа станции мониторинга постоянно синхронизируется при помощи NTP-сервера, благодаря чему возможно сравнение данных, полученных с разных станций. Опционально могут собираться и передаваться на центральный сервер и другие параметры, например положение GPS, метеоусловия или плотность потока. Все данные, переданные станциями мониторинга, постоянно собираются центральным сервером и хранятся в базе данных. Данные измерений в виде графиков и таблиц доступны на странице веб-сайта.

На рис. 1 показана страница веб-сайта системы мониторинга, установленной в г. Тольятти. Система оснащена видеокамерой, что позволяет осуществлять передачу аудио- и видеоданных. Слева сверху на веб-странице пока-

зано местоположение станции, видеоизображение — в центре сверху, а справа сверху публикуется автоматически обновляемая карта шума от главного источника, ближайшего к станции мониторинга. Внизу на странице показана сонограмма уровней шума за последние 5 мин.

Все загруженные с центрального сервера данные обрабатываются при помощи специально разработанного программного обеспечения для составления графиков и диаграммы спектра шума, временных диаграмм звука для каждой полосы частот, сонограмм, а также вычисления почасовых эквивалентных уровней шума.

Система мониторинга с соответствующим программным обеспечением позволяет частично изменять рассчитанные ранее карты шума, а также публиковать через заданный временной интервал обновленные шумовые карты территории мониторинга в соответствии с измеренными уровнями шума. Для этого необходимо выбрать расположение станций мониторинга таким образом, чтобы получать данные, являющиеся характерными для каждого источника шума, присутствующего на исследуемой территории.

#### *Методика составления динамических карт*

Составление карт шума селитебной территории является весьма эффективным для последующего прогнозирования и оценки загрязнений. Карта акустических загрязнений характеризует состояние среды в населенном пункте (городе) в период ее составления и на перспективу от всех видов физических загрязнений. Она позволяет констатировать уровень акустических загрязнений в заданных точках селитебной территории города, определяет наиболее проблемные участки в жилой зоне, позво-

ляет рассчитать ожидаемые уровни акустических загрязнений на примагистральной территории и внутри зданий, расположенных на этой территории. Большим достоинством таких карт является их наглядность при оценке величин загрязнений в любой из заданных точек селитебной зоны [1–3, 6].

Главный недостаток существующих карт в том, что они отражают только текущее положение и позволяют лишь определить наиболее загрязненные участки и оценить уровень загрязнений, но не позволяют осуществлять эффективное прогнозирование. В связи с этим предлагается создание карт нового типа, разрабатываемых следующим образом: в определенных точках, расположенных в некоторой опасной с точки зрения уровня загрязнений зоне (зонах), накапливаются результаты всех предыдущих измерений и выдается заключение о динамике их изменения. При этом метод представления результатов может быть различным — видеоуровни, табличное представление, графики и др. (возможно и спектральное представление результатов измерений). Для карт данного типа предложено название: динамические карты загрязнений [2, 6]. Сущность их построения заключается в том, что измеренные данные накапливаются в точках, в которых непосредственно проводились измерения, а эти точки показываются на карте. В результате при проведении цикла измерений акустического и других физических загрязнений можно получить графики изменения значений уровней загрязнений, что позволяет осуществлять достаточно точное прогнозирование динамики их изменений. К достоинствам предлагаемого типа карт относится также абсолютная точность значений в данной точке измерений, что позволяет разраба-

тивать эффективные мероприятия по их снижению.

Была осуществлена разработка программного обеспечения "Physic-City-Test" по расчету физических загрязнений внешних источников и составлению динамических карт с использованием принципов объектно-ориентированного визуального программирования на языке C++ Builder. Данный программный продукт предназначен для визуализации и наглядного графического представления данных измерений. Разработаны различные версии программного обеспечения. Для работы с подразделениями различных физических загрязнений ("Электромагнитные излучения", "Ионизирующие излучения", "Шум", "Вибрация" и др.) используются специальные подпрограммы.

В целом программное обеспечение представляет собой сложный комплекс, который состоит из следующих основных модулей:

- модуль ввода и автоматизированной обработки результатов измерений различных физических воздействий (позволяет осуществлять ввод исходных данных (результатов измерений) и их предварительную обработку);

- модуль оценки соответствия проведенных измерений нормам экологического законодательства (предназначен для выявления точек показатели в которых не соответствуют экологическим нормам);

- модуль мониторинга физических воздействий (необходим для выполнения визуальной работы с картографическим материалом системы, позволяет просмотреть все точки и результаты измерений; основной особенностью является возможность построения динамических карт загрязнений);

- учебно-научный модуль (используется в научно-образовательных целях для подготовки специалистов и проведения научных исследований).

Программа строится по модульному принципу и каждое

физическое загрязнение обрабатывается в отдельном модуле. Мониторинг физических загрязнений осуществляется с учетом специфики каждого загрязнения.

Измерения представлены в специальной табличной форме. Так как измеряются различные показатели одного и того же физического воздействия, то таблиц для ввода может быть несколько.

После того как измерения введены в базу данных, можно выполнить автоматизированную обработку результатов измерения, нажав на кнопку "Расчет". При этом результат расчета будет сохранен в базе данных.

Структура базы данных спроектирована таким образом, что к одной точке могут быть привязаны различные физические величины. Это позволяет комплексно оценивать воздействие различных факторов. Кроме того, в комплексе заложены функции ведения справочников базы данных.

#### *Апробация методики мониторинга*

Под руководством авторов с использованием измерительного оборудования, принадлежащего Тольяттинскому государственному университету, проведен ряд исследований акустического загрязнения с применением разработанного комплекса непрерывного мониторинга, позволяющего выполнять ежесекундный срез данных третьоктавных спектров шума и фиксировать различные акустические характеристики: спектральные, эквивалентные и максимальные значения уровня звука в дБА, уровни звукового давления, интенсивности звука и др. Измерения проводились на основе как российских, так и европейских методик.

На территории городского округа г. Самары было проведено более 100 измерений уровней звука более чем в 60 точках. Измерялись спектральные и эквивалентные значения уровня звука. Анализ результатов измере-

ний уровней звука на обследуемой территории показал, что превышение нормативных значений по эквивалентному уровню звука выявлено в следующих точках измерений: Промышленный район, ул. Нововокзальная, д. 162 (71 дБА); Октябрьский район, ул. Революционная, д. 10 (67 дБА); Ленинский район, ул. Самарская, д. 270 (69А); Октябрьский район, ул. Ново-Садовая, д. 33 (67 дБА); Красноглинский район, п. Южный, ул. Вторая Южная, д. 7 (68 дБА) и др.

На территории г. Тольятти было проведено более 200 измерений уровня звука в более чем 90 точках. Анализ результатов измерений уровня звука на обследуемой территории г. Тольятти показал, что превышение нормативных значений по эквивалентному уровню звука выявлено в следующих точках измерений: Автозаводской район, Приморский б-р, д. 48 (68 дБА); Автозаводской район, ул. Дзержинского, д. 31 (69 дБА); Автозаводской район, Московский проспект, д. 33 (66 дБА); Центральный район, ул. Баныкина, д. 60 (67 дБА); Центральный район, ул. Комсомольская, д. 125 (68 дБА); Центральный район, ул. Комсомольская, д. 163 (68 дБА); Центральный район, ул. Гагарина, д. 6 (66 дБА); Центральный район, ул. Победы, д. 78 (68 дБА); Центральный район, ул. Ленина, д. 71 (70 дБА); Центральный район, ул. Карла Маркса, д. 76, лицей 19 (69 дБА); Комсомольский район, ул. Матросова, д. 1 (67 дБА); Комсомольский район, ул. Л. Чайкиной, д. 67 (69 дБА); Комсомольский район, ул. Ярославская, д. 11 (68 дБА); поселок Шлюзовой, ул. Вокзальная, д. 7 (67 дБА); поселок Шлюзовой, ул. Гидротехническая, д. 23 (68 дБА) и др. Имеются также превышения спектральных уровней звука.

В некоторых точках обследуемой территории г. Тольятти проводились измерения уровня звука в ночное время. Анализ результатов измерений по-



**Рис. 2. Карта уровней звука на территории поселка Шлюзовой г. Тольятти**  
**Fig. 2. The map of sound levels in the village of Shlyuzovoi, Togliatti**

казал, что ситуация с воздействием шума в ночное время является крайне неблагоприятной. В ряде точек измерений было зафиксировано значительное превышение нормативных значений как по эквивалентному уровню звука, так и по спектральным характеристикам. Так, превышение нормативных значений выявлено в точках измерений: Автозаводской район, Приморский б-р, д. 48 (59 дБА); Центральный район, ул. Ленина, д. 91 (65 дБА); Комсомольский район, ул. Ярославская, д. 11 (61 дБА).

Кроме того, проводились измерения шума и вибрации на действующих и реконструируемых производственных площадках и на территории санитарно-защитной зоны Северного промышленного узла г. Тольятти. В ряде точек выявлено превышение нормативных значений.

Следует отметить, что для ряда точек измеренные значе-

ния предельно близки к максимально допустимым.

В целом результаты исследований уровней звука позволили установить превышение установленных гигиенических нормативов для ряда участков территории Самарской области. Наибольшее число зон превышения шума расположено вблизи транспортных магистралей. Особенно значительные превышения зафиксированы в гг. Самаре и Тольятти.

Также были определены диапазоны колебаний уровней шума для различных периодов измерений и другие параметры.

С использованием результатов измерений и разработанного комплекса составлены карты акустических загрязнений территории гг. Самары, Тольятти, Жигулёвска и Сызрани Самарской области.

При составлении карт эквивалентных уровней звука при

обследовании зеленым цветом обозначены значения уровней звука в диапазоне до 60 дБА включительно, жёлтым цветом — значения уровней звука в диапазоне от 61 до 65 дБА включительно, красным — свыше 65 дБА.

С использованием построенных карт уровней шума составлен сводный атлас акустического загрязнения территории Самарской области. В качестве примера на рис. 2 показана карта уровней звука на территории поселка Шлюзовой г. Тольятти.

### *Заключение*

Предложенные подходы к осуществлению акустического мониторинга и составлению карт шума имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами. Возможность осуществления непрерывного мониторинга шума в отсутствие оператора позво-

ляет значительно увеличить эффективность мониторинга. Детализированные данные, которые могут быть собраны, позволяют идентифицировать различные виды источников шума на территории жилой застройки и оценить их интенсивность. Это позволит достичь лучшего понимания исследуемой акустической среды и более эффективно бороться с шумом, превышающим гигиенические требования. Очевидные преимущества предложенных подходов также заключаются в доступности данных исследований в реальном времени из любой точки, где есть Интернет, и в визуализации результатов измерений. Операторы избавляются от рутинной информации (скачивание информации, ее хранение, составление отчетов и т.д.), что позволяет значительно повы-

сить точность измерений и производительность труда.

К достоинствам предложенных динамических карт шума относится высокая точность представления значений шума в данной точке измерений, что, в том числе, позволяет разрабатывать эффективные мероприятия по снижению шума. При проведении цикла измерений акустического загрязнения можно получить графики изменения значений уровней загрязнения, что позволяет осуществлять достаточно точное прогнозирование динамики его изменений.

Апробация комплекса в условиях Самарской области показала, что для ряда точек измерений уровня звука установлено превышение гигиенических нормативов. Наибольшее число зон превышения шума расположено вблизи

транспортных магистралей. Особенно значительные превышения зафиксированы в гг. Самаре и Тольятти.

Опыт апробации предложенных подходов к мониторингу акустического загрязнения в условиях урбанизированных территорий позволяет сделать следующие выводы.

Разработанный комплекс непрерывного мониторинга параметров акустического загрязнения позволяет достичь существенного улучшения качества мониторинга и обеспечить непрерывность процесса мониторинга.

Полученные результаты могут быть внедрены в природоохранных службах административных учреждений, в научно-исследовательских организациях, в органах экологического надзора, в муниципальных службах и др.

Работа выполнена в рамках тематического плана работы совместного НОЦ "Экомониторинг" Самарского научного центра РАН и Тольяттинского государственного университета и в рамках государственного задания учреждениям науки.

## Литература

1. Васильев А.В. Анализ шумовых характеристик сельтебной территории г. Тольятти. Экология и промышленность России. 2005. Апрель. С. 20–23.
2. Васильев А.В., Шевченко Д.П. Моделирование, расчет и мониторинг шума транспортных потоков. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2004. Т. 6. № 2. С. 399–407.
3. Иванов Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики. Учебник для вузов. СПб., Политехника, 2000. 482 с.
4. Luzzi S., Vassiliev A.V. A comparison of noise mapping methods in Italian and Russian experiences. Forum Acusticum Budapest 2005: 4th European Congress on Acoustic 2005. С. 1051–1056.
5. Van der Berg G.P., Passchier-Vermeer W. Assessment of low-frequency noise complaints. Proc. of Inter-Noise 99, Lauderdale, FL, 1999. P. 1993–1999.
6. Vassiliev A.V. Recent approaches to environmental noise monitoring and estimation of its influence to the health of inhabitants. 14th International Congress on Sound and Vibration 2007, ICSV 2007. P. 3242–3249.

## References

1. Vasil'ev A.V. Analiz shumovykh kharakteristik selitebnoi territorii g. Tol'yatti. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2005. April'. S. 20–23.
2. Vasil'ev A.V., Shevchenko D.P. Modelirovanie, raschet i monitoring shuma transportnykh potokov. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk. 2004. T. 6. № 2. S. 399–407.
3. Ivanov N.I., Nikiforov A.S. Osnovy vibroakustiki. Uchebnik dlya vuzov. SPb., Politekhnika, 2000. 482 s.
4. Luzzi S., Vassiliev A.V. A comparison of noise mapping methods in Italian and Russian experiences. Forum Acusticum Budapest 2005: 4th European Congress on Acoustic 2005. С. 1051–1056.
5. Van der Berg G.P., Passchier-Vermeer W. Assessment of low-frequency noise complaints. Proc. of Inter-Noise 99, Lauderdale, FL, 1999. P. 1993–1999.
6. Vassiliev A.V. Recent approaches to environmental noise monitoring and estimation of its influence to the health of inhabitants. 14th International Congress on Sound and Vibration 2007, ICSV 2007. P. 3242–3249.

А.В. Якимович – зам. гл. инженера, ПАО "КуйбышевАзот", 445007 Россия, г. Тольятти, ул. Новозаводская 6, e-mail: yakimovichav@kuazot.ru • А.В. Васильев – д-р техн. наук, профессор, начальник отдела, Самарский научный центр РАН, 443001 Россия, г. Самара, Студенческий переулок 3А, руководитель совместного НОЦ "Экомониторинг" Тольяттинского государственного университета и Самарского научного центра РАН, 445667 Россия, г. Тольятти, ул. Белорусская 14, e-mail: avassil62@mail.ru • В.А. Васильев – инженер, Самарский научный центр РАН, 443001 Россия, г. Самара, Студенческий переулок 3А, e-mail: avassil62@mail.ru

A.V. Yakimovich – Deputy of Chief Engineer, "KuibyshevAzot" Public Joint Stock Company, 445007 Russia, Togliatti, Novozavodskaya Str. 6, e-mail: yakimovichav@kuazot.ru • A.V. Vasilyev – Dr. Sci. (Eng.), Head of Department, Samara Scientific Center of Russian Academy of Science, 443001 Russia, Samara, Studencheskiy side Str. 3A, Head of Joint Scientific & Educational Center "Ecomonitoring" of Togliatti State University and of Samara Scientific Center of RAS, 445667 Russia, Togliatti, Belorusskaya Str. 14, e-mail: avassil62@mail.ru • V.A. Vasilyev – engineer, Samara Scientific Center of Russian Academy of Science, 443001 Russia, Samara, Studencheskiy side Str. 3A, e-mail: avassil62@mail.ru