

## Шум как фактор экологического риска в условиях урбанизированных территорий

Васильев А.В.

Начальник отдела инженерной экологии и экологического мониторинга,  
Самарский научный центр РАН  
г. Самара, Студенческий пер., 3-А

### Аннотация

Рассматриваются вопросы воздействия шума как фактора экологического риска в условиях урбанизированных территорий. Проведен анализ источников акустического излучения, оказывающих наиболее негативное воздействие в условиях урбанизированных территорий. Рассмотрено негативное воздействие шума. Рассмотрены подходы к оценке экологического риска от акустического загрязнения в условиях урбанизированных территорий на примере Самарской области. Результаты исследований позволяют прийти к выводу о необходимости обеспечения шумовой безопасности как составной части экологической безопасности урбанизированных территорий.

**Ключевые слова:** акустическое загрязнение, шум, урбанизированная территория, экологический риск.

### *Noise as a factor of ecological risk in conditions of urban territories*

Vasilyev A.V.

Head of Department of Engineering Ecology and of Ecological Monitoring of Samara Scientific Center of Russian Academy of Science, Samara, Russia

### Abstract

Problems of noise impact as a factor of ecological risk in conditions of urban territories are considered. Analysis of sources of acoustical pollution causing negative impact in conditions of urban territories is carried out. Negative impact of noise is considered. Approaches to estimation of ecological risk from acoustical pollution in conditions of urban territories in conditions of Samara region are considered. Results of research are allowing to conclude that it is necessary to provide noise safety as a component of ecological safety of urban territories.

**Key words:** acoustic pollution, noise, urban territory, ecological risk.

### Введение

В настоящее время наблюдается существенный рост негативного воздействия различных экологических факторов на биосферу. Особенно существенно это воздействие в условиях урбанизированных территорий. Современный город представляет сложную систему, отличающуюся повышенным воздействием на окружающую среду и человека антропогенных (прежде всего техногенных) факторов. Всё более интенсивное воздействие различных видов загрязнений, в том числе акустических, является серьезным фактором риска, существенно повышающим вероятность заболеваний населения и негативных последствий для биосферы [1, 2, 6, 10, 11, 15]. Следует отметить, что серьезную проблему представляет как отдельное, так и сочетанное воздействие акустического загрязнения.

---

\*E-mail: avassil62@mail.ru (Васильев А.В.)

Антропогенное воздействие шума как одного из физических факторов за последние годы существенно возросло, в том числе ввиду прогресса в развитии техники, развития отраслей транспорта, промышленности, строительства. В последние годы отмечается непрерывное повышение шумового фона городов. Эквивалентные уровни звука в таких городах как Париж, Рим, Нью-Йорк, Мехико, Москва, достигают 75-80 дБА. Городской шум имеет тенденцию к росту. Уровень шума в городах возрастает ежегодно в среднем на 0,5-1,0 дБА в год. Эта тенденция сохраняется, несмотря на ужесточение норм к средствам транспорта. По прогнозам [10 и др.] тенденция к усилению шума в городах в ближайшие годы будет сохраняться. Ожидаемое ежегодное увеличение шума – 0,5 дБА. Поэтому оценка экологического риска при воздействии шума является крайне актуальной задачей.

Настоящая статья посвящена анализу воздействия шума как фактора экологического риска в условиях урбанизированных территорий.

### **1. Анализ источников шума урбанизированных территорий. Особенности негативного воздействия шума в условиях урбанизированных территорий**

Характер производимого шума зависит от вида его источника. Как известно, по природе источников и характеру действия экологические факторы подразделяются на две большие группы: абиотические (факторы неживой природы) и биотические (факторы живой природы).

Установилось мнение, что шум как естественный экологический фактор для живых организмов несуществен. Трудно с этим согласиться. Проблема изучения воздействия естественных источников шума заслуживает гораздо большего внимания и изучения. Особое внимание привлекает сочетанное воздействие естественных и антропогенных источников [2]. Из естественного шума абиотического происхождения можно отметить, например, шум при землетрясениях и извержениях вулканов, шум при смещении поверхностного слоя сухого песка, шум при воздействии ветра, морской шум и др. Грохот извержения вулкана Кракатау в 1883 г. не уступал по мощности грохоту современного атомного взрыва.

Шум биотического происхождения может генерироваться как людьми, так и животными и в ряде случаев значительно превышать установленные санитарно-гигиенические нормы. Например, хорошо известна проблема негативного воздействия повышенного шума в школах. Однако важнейшую роль при воздействии биотических факторов на биосферу в настоящее время играет антропогенное (прежде всего техногенное) воздействие, создаваемое человеком в процессе хозяйственной деятельности [1-15].

Источники шума урбанизированных территорий могут быть разбиты на две основные группы: отдельные источники шума и комплексные источники шума. К отдельным источникам относятся единичные транспортные средства, электрические трансформаторы, заборные и вытяжные отверстия систем вентиляции, установки промышленных или энергетических предприятий. К комплексным источникам могут быть отнесены транспортные потоки на улицах и дорогах, потоки поездов на железной дороге, промышленные предприятия с многочисленными источниками шума, спортивные и игровые площадки.

К основным источникам шума урбанизированных территорий можно отнести:

- шум отдельных автомобилей, мотоциклов;
- шум автомобильных транспортных потоков;

- шум подвижного состава железнодорожного транспорта;
- авиационный шум;
- шум троллейбусов и трамваев;
- шум на открытых линиях метрополитена;
- шум от промышленных предприятий и трансформаторных подстанций;
- шум от производства различных видов строительных работ;
- внутриквартальный шум;
- шум сортировочных горок железнодорожных станций.

Не следует упускать из виду и другие источники шума для селитебных территорий: спортивные и культурно-развлекательные объекты, объекты питания и др.

Одним из наиболее интенсивных источников акустического загрязнения окружающей среды являются транспортные потоки. По данным ряда исследователей, шумы от транспортных магистралей составляют свыше 80% всех внешних шумов города [1- 6, 10, 11, 15]. Транспортный шум на примагистральных территориях не стихает до 15-18 часов в сутки, движение затихает на 2-4 часа.

Наличие значительного автотранспортного парка в крупных зарубежных и российских городах приводит к плотным транспортным потокам, оказывающим интенсивное акустическое воздействие на прилегающую селитебную территорию. Для условий России проблема воздействия транспортного шума в большинстве городов усугубляется недостаточно продуманной планировкой расположения жилых районов и несоблюдения санитарно-защитных зон, что повышает экологические риски воздействия негативного шума на здоровье населения. В Самарской области в ряде городов автотранспортные магистрали вплотную примыкают к селитебной зоне, в результате чего значительная часть населения области подвергается воздействию повышенного уровня шума. Шум автомобильного транспорта вызывает от 70 до 90% жалоб в городах.

Другим важным фактором экологического воздействия шума являются производственные предприятия машиностроения, химической промышленности, объекты энергетики, строительства и др.

Уровень шума, излучаемого единичным источником при работе промышленного предприятия, вычисляется по формуле:

$$L = L_p + 10 \lg(\Phi) - 10 \lg \frac{S}{S_0} - \Delta L_p, \quad (1)$$

где:

$L_p$  – уровень звуковой мощности источника шума, дБ;

$\Phi$  – фактор направленности;

$S$  – площадь поверхности, на которую распределяется излучаемая энергия, м<sup>2</sup>;  
 $S = 2 \pi r^2$  ( $r$  – расстояние между источником шума и точкой наблюдения);

$S_0 = 1 \text{ м}^2$ ;

$\Delta L_p$  – снижение уровня звуковой мощности шума на пути его распространения, дБ;

$\Delta L_p = 10 \lg k$ , где  $k$  – коэффициент снижения звуковой мощности ( $k \geq 1$ ).

Широко известно, что по физиологическому воздействию на человека наиболее опасен высокочастотный шум (особенно в диапазоне частот от 1000 до 4000 Гц), что подтверждается многочисленными опытами и отражено в существующих нормативных документах по шуму. Однако в условиях урбанизированных территорий существенное значение приобретает тот факт, что шумы различного спектрального

состава при распространении звука в открытом пространстве вглубь территории жилой застройки будут иметь различную степень затухания. Поэтому с экологической точки зрения нежелательным будет воздействие шума такого частотного диапазона, который максимально достигнет селитебной территории.

Молекулярное затухание звука в атмосфере ( $\Delta L$ , дБ) учитывается следующим выражением:

$$\Delta L = -\frac{\beta_a \cdot r}{1000}, \quad (2)$$

где  $\beta_a$  – затухание звука в атмосфере, дБ/км (табл.1).

Анализируя данные затухания звука в атмосфере в зависимости от частотного диапазона, приведенные в таблице 1, приходим к выводу, что именно низкочастотный шум распространяется без особого затухания на значительное расстояние и является основным источником дискомфорта для урбанизированных территорий [2, 10].

*Таблица 1*

Затухание звука в атмосфере

Октавные полосы частот, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Затухание $\beta_a$ дБ/км	0	0,75	1,5	3,0	6,0	12,0	24,0	48,0

В биологическом отношении шум является заметным стрессовым фактором, способным вызвать срыв приспособительных реакций. Акустический стресс может приводить к разным проявлениям: от функциональных нарушений регуляции центральной нервной системы до морфологически обозначенных дегенеративных деструктивных процессов в разных органах и тканях. Степень шумовой патологии зависит от интенсивности и продолжительности воздействия, функционального состояния центральной нервной системы и, что очень важно, от индивидуальной чувствительности организма к акустическому раздражителю. Индивидуальная чувствительность к шуму составляет 4...17%. Считают, что повышенная чувствительность к шуму определяется сенсibilизированной вегетативной реактивностью, присущей 11% населения. Женский и детский организм особенно чувствительны к шуму. Высокая индивидуальная чувствительность может быть одной из причин повышенной утомляемости и развития различных неврозов.

Наиболее изучено влияние шума на слух человека. Интенсивный шум (свыше 80 дБА) при ежедневном воздействии приводит к возникновению профессионального заболевания – тугоухости, основным симптомом которого является постепенная потеря слуха на оба уха, первоначально лежащая в области высоких частот (4000 Гц), с последующим распространением на более низкие частоты, определяющие способность воспринимать речь. Однако следует иметь в виду, что негативные последствия воздействия интенсивного шума на организм человека многообразны и не ограничиваются только воздействием на орган слуха [1-3, 6, 10, 11, 13, 15]. Шум также влияет на различные отделы головного мозга, изменяя нормальные процессы высшей нервной деятельности. Характерны жалобы на повышенную утомляемость, общую слабость, раздражительность, ослабление памяти и др. Шум изменяет деятельность мозга: нарушается окислительная и восстановительная способность мозга. Установлено, что под влиянием шума наступают изменения в органе зрения человека. Снижается острота зрения, изменяется чувствительность к различным цветам и т. д.

Нарушаются функции желудочно-кишечного тракта. Происходят нарушения в обменных процессах организма. Наступают изменения в циркуляции крови и работе сердца, приводящие к возникновению заболеваний сердечно-сосудистой системы. Шум обладает кумулятивным воздействием: акустические раздражения, накапливаясь в организме, угнетают нервную систему.

Степень воздействия различных источников шума на жителей зависит от множества факторов: взаимного расположения источников шума и жилой застройки, интенсивности и состава движущихся транспортных потоков и пр.

При расположении жилого района вблизи аэропорта, вблизи железнодорожной магистрали или грузовой станции шум определяется перечисленными источниками, во всех остальных случаях в жилых районах превалирует шум от автомобильного транспорта. Процент этих воздействий характерен для каждого города. Например, в Риме 75% акустического загрязнения вносит автомобильный транспорт, 8% – железнодорожный, 5% – промышленные объекты, а 12% – авиатранспорт, строительство и другие источники шума.

В условиях территории Самарской области воздействие внешних источников шума также различается. Так, для города Тольятти характерен сравнительно однородный состав транспортных потоков – отсутствует рельсовый городской транспорт, исключено воздействие авиационных источников. В Самаре имеется рельсовый городской транспорт (трамваи) и метрополитен. Общим интенсивным источником шума для всех городских округов Самарской области является значительный автотранспортный парк, существенную часть которого составляют легковые автомобили. При этом не следует сбрасывать со счета и другие достаточно интенсивные источники: промышленные предприятия, внутриквартальные источники и др.

Для городских округов Самарской области характерно наличие ряда интенсивных источников низкочастотного звука и инфразвука (транспорт, низкооборотные компрессорные установки и другое технологическое оборудование, шум систем вентиляции и кондиционирования и др.), оказывающих значительное воздействие на прилегающую селитебную территорию. Проблема усугубляется тем, что ряд участков селитебной территории Самарской области недопустимо близко примыкает к источникам инфразвука. Поэтому повышенному воздействию низкочастотного звука и инфразвука, по всей видимости, подвергается не менее половины населения городских округов Самарской области [1-6, 13].

Таким образом, можно утверждать, что акустическое загрязнение окружающей среды в настоящее время представляет собой одну из глобальных проблем современной экологии и безопасности жизнедеятельности. В целом можно говорить о **шумовой болезни**, то есть о общем заболевании всего организма с преимущественным поражением слуха и нервной системы.

## **2. Анализ акустического загрязнения в условиях урбанизированных территорий на примере Самарской области**

Под руководством автора были проведены исследования влияния внешних источников шума в условиях урбанизированных территорий. В том числе в Самарской области на территории жилой застройки наиболее крупных городских округов области (Самара, Тольятти, Сызрань, Жигулевск), а также на территории ряда производственных площадок было проведено более 1500 измерений, по каждому из которых составлены протоколы результатов измерений.

Измеренные уровни шума оценивались в соответствии с гигиеническими требованиями, согласно которым нормируемыми параметрами для непостоянного

шума являются эквивалентные уровни звука  $L_{A\text{ экв}}$  и максимальные уровни звука  $L_{A\text{ макс}}$ , дБА.

Анализ результатов измерений позволил выявить наиболее значительные превышения предельно-допустимых уровней шума.

На территории городского округа Самара было проведено более 150 измерений уровней звука в более чем 60 точках. Анализ результатов измерений уровней звука показал, что превышение нормативных значений по эквивалентному уровню звука выявлено в точках измерений №8, Промышленный район, ул. Нововокзальная, дом №162 (69 дБА); №15, Октябрьский район, ул. Революционная, дом №10 (66 дБА); №19, Ленинский район, ул. Самарская, дом №270 (68 дБА); №17, Октябрьский район, ул. Ново-Садовая, дом №33 (67 дБА); №35, Красноглинский район, п. Южный, ул. Вторая Южная, дом №7 (67 дБА). Имеются также превышения спектральных уровней звука.

На территории городского округа Тольятти было обследовано свыше 200 точек. При этом особое внимание уделялось селитебной территории г. Тольятти, примыкающей к шумоопасным зонам вблизи транспортных магистралей [1-8]. Были проведены измерения как в дневное, так и в ночное время.

В Центральном районе в дневное время по ул. Мира в районе остановки "Дом природы" величина превышения по эквивалентному уровню звука составляет 7 дБА, по ул. Баныкина – 6 дБА, по ул. Мира, 114 величина превышения норматива по эквивалентному уровню звука составляет 5 дБА, по максимальному уровню звука – 4 дБА. По максимальным уровням звука полученные акустические характеристики в основном соответствуют нормативным требованиям. В ночное время по ул. Ленина, 98 величина превышения норматива по эквивалентному уровню звука составляла 8 дБА, по максимальному уровню звука – 6 дБА; по ул. Мира, 60 величина превышения норматива по эквивалентному уровню звука составляет 11 дБА, по максимальному уровню звука – 11 дБА.

В Комсомольском районе в дневное время в точке по ул. Чайкиной, 67 величина превышения норматива по максимальному уровню звука составляет 8 дБА; по ул. Ярославской, 61 – 7 дБА. В ночное время в точке по ул. Матросова, 60 величина превышения норматива по эквивалентному уровню звука составляет 9 дБА, по максимальному уровню – 7 дБА; в точке по ул. Ярославской, 11 величина превышения норматива по эквивалентному уровню звука составляет 6 дБА, по максимальному уровню звука – 9 дБА.

В Автозаводском районе в дневное время в точке по ул. Тополиной 21 величина превышения норматива по максимальному уровню звука составляет 11 дБА; в точке по ул. Дзержинского, 31 величина превышения норматива по эквивалентному уровню звука составляет 5 дБА. В ночное время в точке по ул. Дзержинского, 31 величина превышения норматива по эквивалентному уровню звука составляет 7 дБА, по максимальному уровню – 5 дБА.

На территории городского округа Жигулевск было проведено более 50 измерений уровней звука в более чем 25 точках. Анализ результатов измерений уровней звука показал, что превышение нормативных значений по эквивалентному уровню звука выявлено в точках измерений №7, ул. Вокзальная, дом № 18 (68 дБА); №9 г. Жигулевск, ул. Комсомольская, дом №58 (70 дБА); №11 г. Жигулевск, район автовокзала (согласно схеме измерений) (66 дБА); №12 г. Жигулевск, пересечение трассы М5 и ул. Гидростроителей (73 дБА); №13 г. Жигулевск, район плотины Жигулевской ГЭС, возле въезда на плотину (70 дБА). Максимальное значение уровня звука, равное 73 дБА, было зафиксировано в точке №12. Диаграмма спектральных

характеристик уровней звука для точки №12 (октавный и третьоктавный диапазоны) показана на рис. 1.

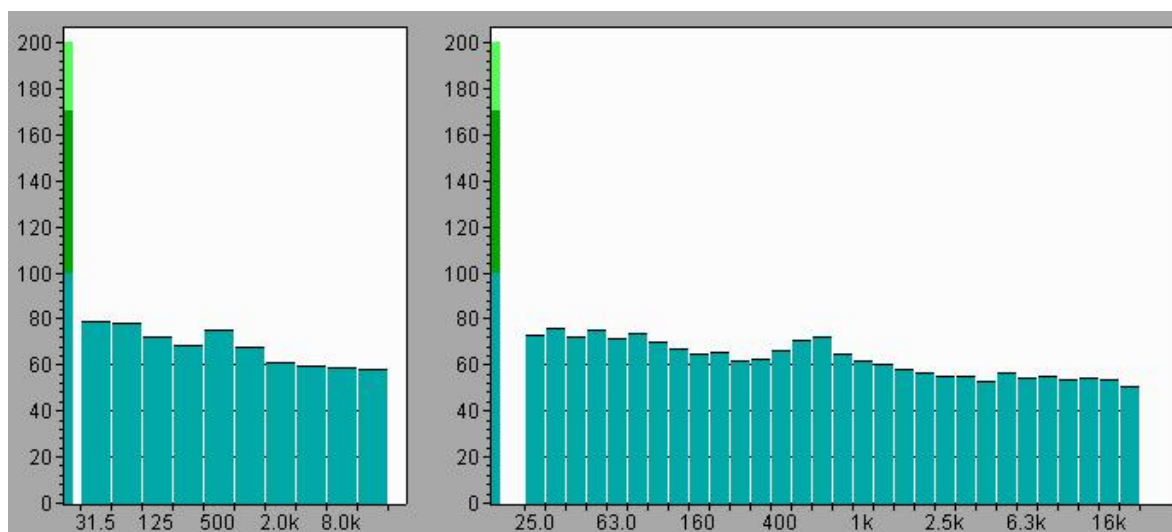


Рис. 1. Диаграмма спектральных характеристик уровней звука для точки №12 г. Жигулевск, пересечение трассы М5 и ул. Гидростроителей (октавный и третьоктавный диапазоны)

В остальных точках измеренные значения уровней звука соответствуют нормативным санитарно-гигиеническим требованиям.

На территории городского округа Сызрань было проведено более 40 измерений уровней звука в более чем 20 точках. Анализ результатов измерений уровней звука на обследуемой территории городского округа Сызрань показал, что превышение нормативных значений по эквивалентному уровню звука выявлено в точках измерений №11 г. Сызрань, ул. Советская, дом №104 (66 дБА); №14 г. Сызрань, пр-т 50 лет Октября, дом №79 (67 дБА); №22 г. Сызрань, ул. Энергетиков, дом №11 (69 дБА).

Исследования воздействия транспортного шума на территорию Самарской области показали, что уровень шума в целом возрастает на 0,5 дБА в год (а в некоторых зонах и больше). Особо неблагоприятная ситуация складывается с воздействием шума в ночное время: в ночное время значения в большинстве измеренных точек превышали нормативные.

Анализ жалоб населения Самарской области также позволил прийти к выводу, что их причиной является наличие ряда интенсивных источников инфразвука и низкочастотного шума.

Результаты анализа и измерений позволяют сделать общее заключение: в ряде зон измерений наблюдается превышение санитарно-гигиенических норм. Особенно неблагоприятная ситуация складывается с воздействием шума в ночное время: в ночное время значения в большинстве измеренных точек превышали нормативные.

### 3. Подходы к оценке экологического риска от акустического загрязнения в условиях урбанизированных территорий на примере Самарской области

Анализ риска ставит своей целью выбор оптимальных в данной конкретной ситуации путей его устранения или снижения и включает три взаимосвязанных элемента: оценка риска для здоровья, управление риском и информирование о риске [7, 14]. На предварительном этапе целесообразно разработать концептуальную модель

территории, представляющую собой графическое или описательное представление возможных взаимосвязей между источниками загрязнения окружающей среды, маршрутами воздействия.

При оценке риска используются результаты экологического мониторинга загрязнений в анализируемых объектах окружающей среды и/или данные, полученные на основе моделирования рассеивания загрязнений за период не менее 3-5 лет [7]. Полная оценка риска, однако, является очень детальным исследованием всех источников и путей воздействия, анализом выбираемых вариантов применительно к конкретному месту. Поэтому обычно оценка выполняется поэтапно, шаг за шагом, так что после каждого этапа можно скорректировать действия, отбросить малосущественные или чрезмерно дорогостоящие варианты, оставив приоритетные, изменить содержание и порядок работ, оценить наиболее важные риски. Чем меньше воздействие на окружающую среду техногенной деятельности, тем меньший объем работ выполняется при оценке риска [7, 14].

Комплексная оценка экологического риска в условиях урбанизированных территорий состоит из следующих основных этапов:

- сбор и анализ данных об источниках, составе и условиях загрязнения на исследуемой территории;
- выбор приоритетных для исследования загрязнений окружающей среды;
- расчет и натурные измерения загрязнений окружающей среды;
- моделирование распределения загрязнений в окружающей среде;
- анализ соответствия уровней загрязнений санитарно-гигиеническим требованиям;
- оценка риска канцерогенных и неканцерогенных эффектов (при острых и хронических воздействиях);
- оценка риска при многосредовых, комбинированных и комплексных воздействиях факторов различной природы.

В практической работе по оценке экологического риска большую помощь оказывают информационно-аналитические, прогнозируемые и управляющие компьютерные системы, позволяющие вносить и обрабатывать обширную информацию об источниках и уровнях загрязнений окружающей среды, условиях их распространения по урбанизированной территории, а также опираться на широкую базу данных обо всех основных и вспомогательных факторах, влияющих на здоровье человека и состояние окружающей среды. Только наличие исчерпывающей картины по фактическому состоянию окружающей среды, опирающейся на достоверные результаты, позволяет осуществлять такие расчеты и прогнозы.

Под руководством автора были разработаны информационно-аналитические системы и соответствующее программное обеспечение, позволяющие выполнять спектр математических расчетов в области экологического моделирования и оценки риска здоровью населения урбанизированных территорий, в том числе от акустического воздействия.

Разработанное программное обеспечение «Integrated monitoring of physical and chemical pollutions (IMCF)» состоит из трёх основных блоков, интегрированных с другими модулями автоматизированного рабочего места «Complex City Test»:

**1. Информационный блок, включающий:**

- базы данных по физическим факторам и химическим загрязняющим веществам окружающей среды урбанизированных территорий (воздуха, воды, почв);
- информационно-справочные таблицы значений ПДК и ПДУ основных химических загрязняющих веществ и физических факторов;



- списки приоритетных химических токсикантов и физических загрязнений города;
- списки основных источников и факторов химического и физического воздействия на население города;
- информационные базы данных медицинской статистики по основным нозологическим единицам, базы данных экологически обусловленных заболеваний жителей города.

## **2. Программно-аналитический блок, содержащий:**

- модуль автоматизированной обработки результатов измерений различных физических и химических воздействий. Модуль содержит программные алгоритмы, позволяющие проводить расчеты корреляционных зависимостей, критериев достоверности результатов измерений (критерий Стьюдента и т.д.);
- модуль эколого-токсикологической оценки измерений, позволяющий проводить оценку соответствия проведенных измерений нормам экологического законодательства;
- модуль интегральной оценки (или модуль анализа сочетанного воздействия факторов различной природы), позволяющий проводить интегральную оценку сочетанного воздействия физических и химических факторов на человека, расчёты экологических рисков и интегральных показателей физического и химического загрязнения окружающей среды с учётом индексов токсических эффектов синергетического воздействия, превышающих эффекты суммации.

## **3. Блок картографирования территории (ГИС-картографирования), содержащий:**

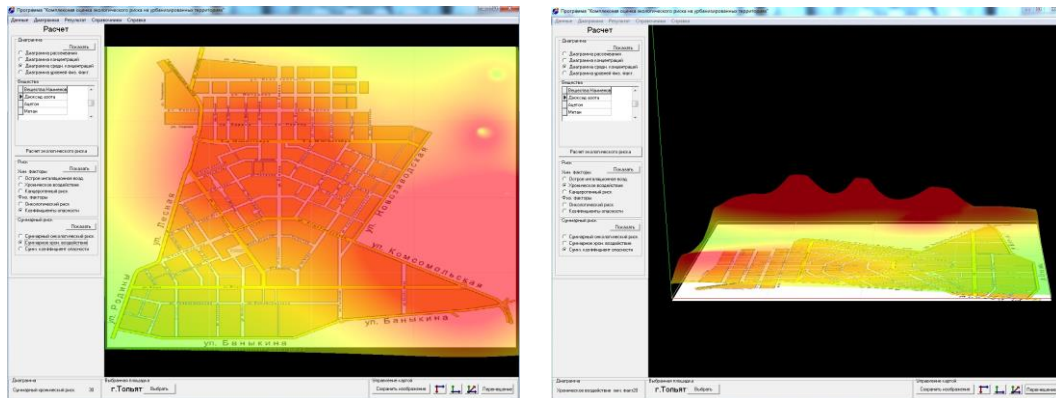
- модуль картографирования территории города по отдельным поллютантам и факторам физического воздействия;
- модуль динамических карт физических полей и химического загрязнения города;
- модуль картографирования интегрального воздействия лимитирующих факторов позволяет составлять карты по результатам измерений и расчетов интегральных показателей сочетанного воздействия факторов различной природы, динамические карты физических и химических загрязнений (карты экологических рисков, карты сочетанного воздействия факторов).

Результаты расчетов в зависимости от количества показателей могут быть представлены либо сразу в таблице измерений, либо, если их много, могут быть вынесены в отдельную область результатов.

Программное обеспечение позволяет вводить в базу данных результаты измерений следующих воздействий:

- шум (звук);
- инфразвук;
- вибрация;
- электромагнитные поля;
- ионизирующие излучения;
- тепловое излучение;
- химические загрязняющие вещества;
- приоритетные токсиканты и др.

В создаваемой на основе внесения данных по различным загрязнениям и с учетом расчетных значений информационно-аналитической системе в качестве исходной составляющей выступает графическая двумерная карта исследуемой территории в точно определенном масштабе.



а)

б)

Рис. 2. Двухмерное (а) и трехмерное (б) представление результатов оценки экологического риска с помощью разработанного программного обеспечения. Область зеленого цвета – норма, желтого цвета – риск, красного цвета – угроза

Информационно-аналитическая система позволяет определить наиболее опасные места с точки зрения вероятности развития хронических заболеваний от раздельного и сочетанного воздействия химических и физических факторов, в том числе шума (рис. 1). Реализация программного обеспечения осуществлялась на языке высокого уровня Delphi. Кроме того, созданный программный продукт обладает возможностью просмотра справочной информации, необходимой для знакомства со спецификой решаемых задач. Программное обеспечение имеет эргономичный интерфейс, содержит средства визуализации данных и результатов, позволяющие структурировать расчетные и исходные данные с последующим выводом на печать.

Разработаны также информационная система и программное обеспечение «Physic City Test», позволяющие осуществлять автоматизированную обработку и оценку результатов измерений различных физических воздействий. Программа представляет собой сложный комплекс, который состоит из следующих основных модулей:

1. Модуль ведения базы данных и автоматизированной обработки результатов измерений различных физических воздействий.
2. Модуль оценки соответствия проведенных измерений нормам экологического законодательства.

Программа позволяет вводить в базу данных результаты измерений следующих воздействий:

- шум (звук);
- инфразвук;
- вибрация;
- электромагнитные поля;
- ионизирующие излучения;
- тепловое излучение.

Измерения вводятся в специальную табличную форму. Как правило, измеряются различные показатели одного и того же воздействия, поэтому таблиц для ввода может быть несколько.

После того как измерения введены в базу данных, пользователь может выполнить автоматизированную обработку результатов измерения, нажав на кнопку «Расчет». При этом результат расчета будет сохранен в базу данных.

Структура базы данных спроектирована таким образом, что к одной точке могут быть привязаны различные физические величины. Это позволит впоследствии комплексно оценивать воздействие различных факторов.

Кроме того, в модуль заложены функции ведения справочников базы данных.

Для использования программы в целях составления карт необходимо в п. «Вид» главного меню выбрать подпункт «Карта...». Откроется окно мониторинга, см. рис. 3.

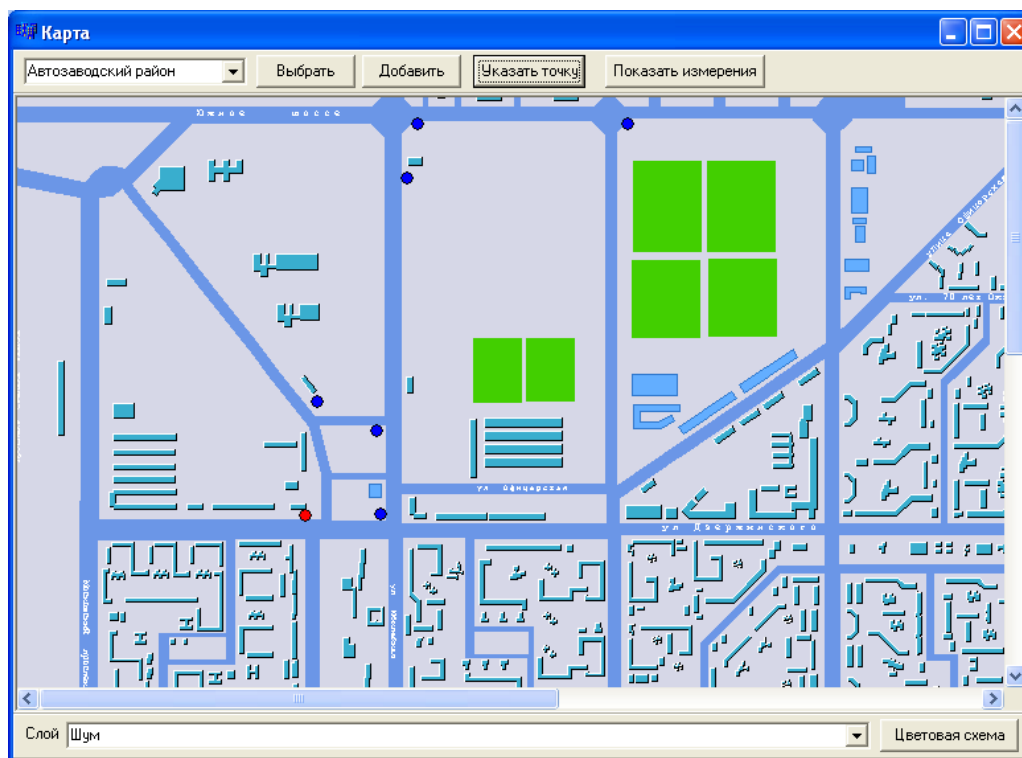


Рис. 3. Вид окна мониторинга

В верхней части окна расположены элементы управления картой и точками измерений: список карт, кнопка выбора карты, кнопка добавления новой карты, кнопка выбора точки, кнопка отображения измерений.

В нижней части окна расположены элементы управления отображением точек на карте: список слоев (позволяет выбрать вид измерений для отображения), и кнопка отображения измерений с использованием цветовой схемы.

Для выбора карты необходимо в списке карт выбрать нужную и нажать кнопку «Выбрать». При этом на форму будет загружена выбранная карта и точки, в которых проведены измерения.

Для добавлений новой карты необходимо нажать кнопку «Добавить» при этом откроется окно выбора карты. После выбора файла с картой можно выбрать ту или иную карту и загрузить ее в базу данных.

На загруженном в форму картографическом материале отображаются точки, в которых проводились измерения. В случае необходимости изменения местоположения точки на карте необходимо нажать кнопку «Указать точку» и щелкнуть левой кнопкой мыши на выбранной точке, при этом указанная точка сменит цвет на красный. После этого курсор мыши должен быть установлен в новое местоположение точки и нажата левая кнопка мыши. Выбранная точка поменяет свое местоположение на указанное.

Для просмотра значений измерений в определенной точке необходимо выбрать точку как описано выше и нажать кнопку «Показать измерения». При этом на карте отобразится график (динамика) измерений в различные периоды времени.

Для общей оценки измерений во всех точках можно использовать режим цветовой схемы. Для отрисовки цветовой градации необходимо нажать кнопку «Цветовая схема», при этом все точки на карте будут отрисованы в соответствии с цветовой схемой и результатами измерений.

Для редактирования цветовой схемы необходимо в главном меню выбрать пункт «Сервис», подпункт «Цветовые схемы». На экране отобразится окно, показанное на рис. 4.

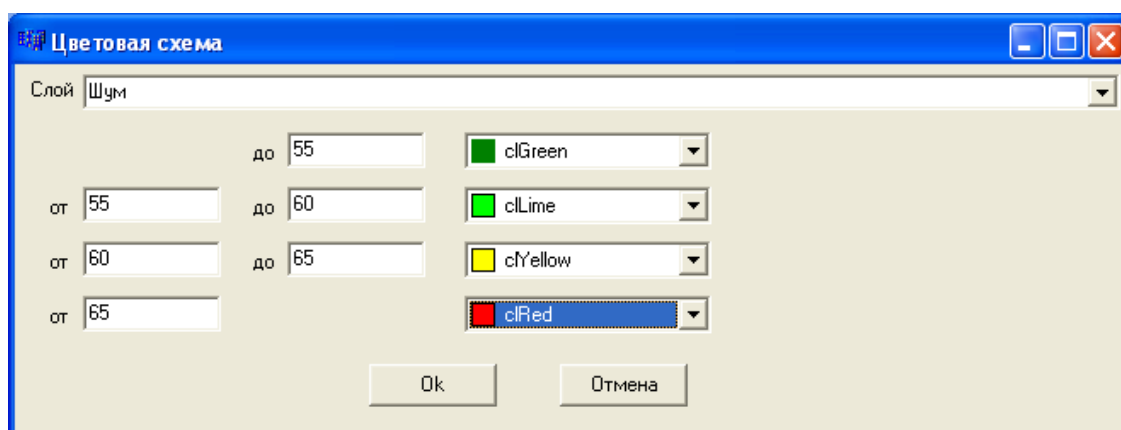


Рис. 4. Окно «Цветовая схема»

Для редактирования схемы необходимо выбрать слой, на который будет применяться схема, и ввести диапазоны величин. Каждому диапазону необходимо назначить цвет. После редактирования необходимо нажать кнопку «ОК». Для отмены введенных изменений необходимо нажать кнопку «Отмена».

На модуль программы «Sound City Test» получено свидетельство о государственной регистрации №206611861.

В процессе реализации и апробации разработанных методик, информационно-аналитических систем и программного обеспечения автором проведена комплексная оценка экологического риска в условиях урбанизированных территорий на примере Самарской области. В частности, совместно с сотрудниками Института экологии Волжского бассейна РАН проводилась оценка влияния шума на здоровье населения Комсомольского района г. Тольятти [8]. При изучении воздействия шумовой нагрузки анализировались статистические данные лишь по заболеваниям, возможным с учетом биологического действия фактора шума. В исследуемую группу вошли заболевания сердечно-сосудистой системы, нервной системы, желудочно-кишечного тракта – всего 14 нозологических единиц.

Источниками информации являлись материалы по первичной обращаемости граждан в медицинские учреждения (МУЗ Комсомольского района г.Тольятти). С помощью специализированных процедур, одной из которых является метод И.Я. Лиёпы, проведена оценка параметров уравнения множественной линейной регрессии и проверка существенности влияния исследуемых факторов на заболеваемость. Основываясь на результатах измерений шумовой нагрузки селитебной территории и на первичных медицинских статистических данных по заболеваемости населения, можно утверждать, что существует достоверная, статистически значимая

зависимость роста заболеваемости по рассматриваемым нозологиям от акустического загрязнения (рис. 5).

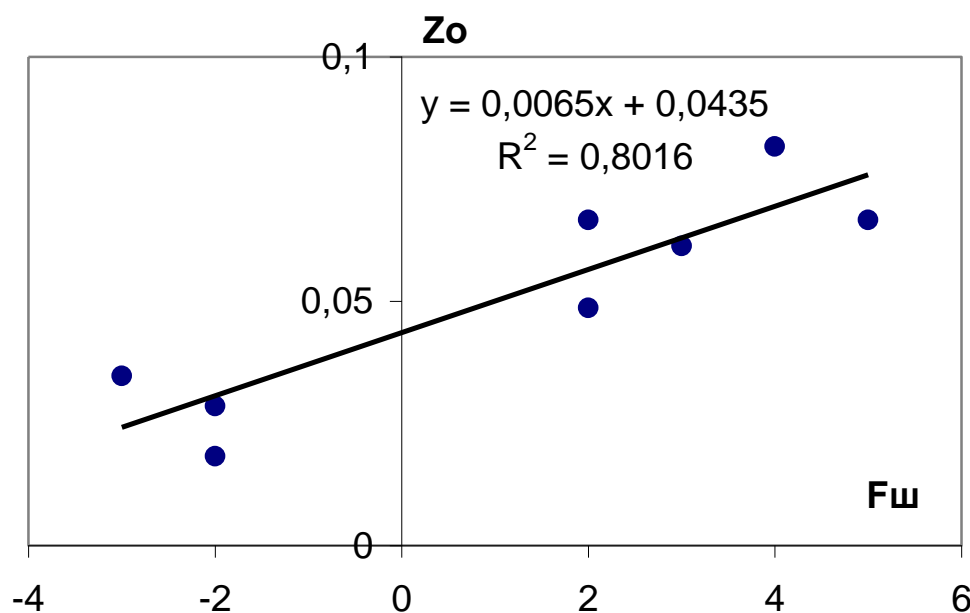


Рис. 5. Зависимость заболеваемости населения по всем учитываемым нозологиям ( $Z_o$ ) от шумовой нагрузки ( $F_{ш}$ )

### Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что в настоящее время шум является особым, специфичным фактором экологического риска, оказывающим комплексное негативное воздействие в условиях урбанизированных территорий.

Таким образом, можно с уверенностью говорить о существовании реальной проблемы обеспечения **шумовой безопасности урбанизированных территорий**. Решить данную проблему можно только комплексными средствами.

По мнению автора, необходима разработка концепции обеспечения шумовой безопасности города, а также серьезное рассмотрение вопросов шумового воздействия при разработке каких-либо документов, касающихся безопасности и устойчивого развития города. Необходимым также является принятие ряда законодательных документов, и, прежде всего, закона о шуме.

*Работа выполнена в рамках гранта РФФИ р\_поволжье\_a, проект № 15-48-02629.*

### Список литературы

1. Васильев А.В. Экологический мониторинг физических загрязнений на территории Самарской области. Снижение воздействия источников загрязнений: монография / Самара, 2009.
2. Васильев А.В. Акустическая экология города: учеб. пособие для студентов вузов / А. В. Васильев; Федеральное агентство по образованию, Тольяттинский гос. ун-т. Тольятти, 2007 – 166 с.
3. Васильев А.В. Анализ шумовых характеристик селитебной территории г. Тольятти. Экология и промышленность России. 2005. № 4. С. 20-23.
4. Васильев А.В. Снижение шума транспортных потоков в условиях современного города. Экология и промышленность России. 2004. № 6. С. 37-41.

5. Васильев А.В. Мониторинг акустического загрязнения территории Самарской области. В сборнике: Защита населения от повышенного шумового воздействия. Сборник докладов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией Иванова Н.И. 2014. С. 148-159.

6. Васильев А.В. Шумовая безопасность урбанизированных территорий. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1-1. С. 299-305.

7. Васильев А.В., Заболотских В.В., Терещенко И.О., Терещенко Ю.П. Информационно-аналитическая система оценки рисков здоровью населения в условиях урбанизированных территорий. Экология и промышленность России. 2013. № 12. С. 29-31.

8. Васильев А.В., Розенберг Г.С. Мониторинг акустического загрязнения селитебной территории г. Тольятти и оценка его влияния на здоровье населения. Безопасность в техносфере. 2007. № 3. С. 9-12.

9. Васильев А.В., Васильев В.В., Школов М.А., Шишкин В.А., Каплина Р.Г. Исследование воздействия физических полей в промышленных и жилых зонах г. Тольятти. Российский химический журнал. 2006. Т. L. № 3. С. 72-78.

10. Иванов Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики: Учебник для вузов – СПб.: Политехника, 2000. – 482 с.: ил.

11. Luzzi S., Vassiliev A.V. A comparison of noise mapping methods in Italian and Russian experiences. В сборнике: Forum Acusticum Budapest 2005: 4th European Congress on Acoustic 2005. С. 1051-1056.

12. Luzzi S., Alfinito L., Vasilyev A. Action planning and technical solutions for urban vibrations monitoring and reduction. В сборнике: 39th International Congress on Noise Control Engineering 2010, INTER-NOISE 2010. С. 2508-2515.

13. Vassiliev A.V. Recent approaches to environmental noise monitoring and estimation of its influence to the health of inhabitants. В сборнике: 14th International Congress on Sound and Vibration 2007, ICSV 2007. С. 3242-3249.

14. Vasilyev A.V. Method and approaches to the estimation of ecological risks of urban territories. Safety of Technogenic Environment. 2014. № 6. С. 43-46.

15. Vasilyev A.V., Luzzi S. Recent approaches to road traffic noise monitoring. В сборнике: 8th European Conference on Noise Control 2009, EURONOISE 2009 – Proceedings of the Institute of Acoustics 2009.