

Электронное научное издание

«Международный электронный журнал. Устойчивое развитие: наука и практика»

www.yrazvitie.ru

вып. 2 (13), 2014, ст. 17

Выпуск подготовлен по итогам IV Международной научной конференции по фундаментальным и прикладным проблемам устойчивого развития в системе «природа – общество – человек»: наука, инженерия, образование (22 декабря 2014 г.)

УДК 613.0, 502.5

## **ОЦЕНКА РИСКА ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТА В УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ЯРОСЛАВЛЯ)**

Бородкин Алексей Евгеньевич, руководитель Центра оценки риска здоровью, научный сотрудник, аспирант АНО Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр», Институт географии РАН

Пикулина Наталья Игоревна, младший научный сотрудник, магистрант АНО Научно-исследовательский проектный институт «Кадастр», Ярославский государственный технический университет

### **Аннотация**

*Процессам гармонизации жизнедеятельности общества со средой обитания, а также ориентации на «зеленый» мир, способствуют механизмы устойчивого развития. Основной целью настоящей статьи являлся анализ районов г. Ярославля на основании оценки акустической, экспозиционной и рискованной нагрузок, обусловленных автотранспортом в условиях плотной застройки. Практическая значимость результатов исследования направлена на возможность создания благоприятных экологических условий для безопасного проживания населения, создания качественной, здоровой среды обитания, а также использование результатов в предупредительном экологическом надзоре, при решении градостроительных вопросов.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** устойчивое развитие, оценка риска здоровью, шумовое воздействие, автотранспорт.

## **ASSESSMENT OF RISK TO PUBLIC HEALTH FROM THE IMPACT OF TRANSPORT IN SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF URBAN AREAS (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF YAROSLAVL)**

Borodkin Alexey Evgenievich, Director of the center of health risk assessment, researcher, post-graduate student of ANO Scientific-Research and Development Institute «Cadaster», Russian Academy of Sciences Institute of Geography

Pikulina Natalia Igorevna, Junior researcher, Student of ANO Scientific-Research and Development Institute «Cadaster», Yaroslavl State Technical University

### **Abstract**

*The harmonization of society with the environment, as well as orientation on the «green» world, contributes to the mechanisms of sustainable development. The main purpose of this article is to review areas of the city of Yaroslavl on the basis of the acoustic assessment, exposure and risk loads dependent from the night transport in the conditions of high-density development. The practical relevance of the research focused on the possibility of creating favorable environmental conditions for nonhazardous living, create high-quality, healthy living environment, and the use of results in environmental supervision to solve town-planning issues.*

**KEYWORDS:** sustainable development, assessment of health risks, noise, vehicles

### **Введение**

Стратегия устойчивого развития открывает перспективы перехода к гармонизации жизни и здоровья человека с окружающей средой, создания безопасного, «зеленого» мира для всего населения. Одной из главных проблем устойчивого развития в современном мире, как отмечено в итоговом документе Конференции «Рио+20» «Будущее, которое мы хотим»

(2012), является «бремя и угрозы неинфекционных заболеваний...». В настоящее время в Российской Федерации обозначенная проблема вызывает повышенное внимание, подходы к реализации планов действий, учитывающих процедуры устойчивости находят свое отражение и в российских стратегиях, в частности, в Плане действий по реализации Основ государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года<sup>1</sup>, в котором одной из главной цели обозначено решение социально-экономических задач, позволяющих обеспечить экологически ориентированный рост экономики, сохранение благоприятной окружающей среды и реализацию права каждого человека на благоприятную окружающую среду.

Возможности природной среды не безграничны, механизмы управления в социально-экономической системе не учитывающие особенности жизнедеятельности природной среды может привести, по мнению Кузнецова П.Г., Кузнецова О.Л., Большакова Б.Е., к экологической деградации и как следствие подрыву ресурсной базы и экономического роста (Кузнецов О.Л., Кузнецов П.Г., Большаков Б.Е., 2000). Следует отметить, что современный мир полностью рискогенен. Как отмечает Фоменко Г.А. (2013), рост экологических рисков формирует новый взгляд на природоохранную деятельность как на рефлексию и реакцию общества в целом или его отдельных институтов на производство, распространение и «потребление» таких рисков. При этом формируются пространства рисков, которые изменяются по мере развития структуры экономики. Если вернуться к размышлениям Кузнецова П.Г., то речь идет не об отдельных кризисах или в современном понимании рисках (экологическом, экономическом, производственном и др.), а о едином системном кризисе глобальной системы «Человек–Общество–Природная среда». Наряду с проблемами химической и биологической безопасности для населения и окружающей среды, в настоящее время, как в России, так и за рубежом, выходят вперед риски воздействия физических факторов, причем такие риски с каждым годом приобретают характер не контролируемых. В первую очередь это можно связывать со стремительно нарастающей урбанизацией. По данным ВОЗ, из всего многообразия физических факторов одним из ведущих, является шумовое загрязнение среды обитания, именно высокие уровни шума в городах и сельских поселениях являются самой распространенной причиной жалоб среди населения. Согласно многолетним результатам исследований в области санитарной акустики в странах

---

<sup>1</sup> Утвержден Распоряжением Правительства РФ от 18.12.2012 № 2423-р (ред. от 23.01.2014)

Европейского союза, около 40% городского населения подвергается сверхнормативному шумовому воздействию от транспортных магистралей, в ночное – более 30% населения (свыше 55 дБА). Наиболее ярко построение принципов устойчивого развития и развития экологической политики прослеживаются в ряде крупных зарубежных старопромышленных городов (Куритиба (Бразилия), Богота (Колумбия)), где были усовершенствованы городские транспортные системы и созданы благоприятные условия для проживания городского населения.

В Российской Федерации проблема «физического» загрязнения окружающей среды (шумом, вибрацией, электромагнитным излучением) растет с каждым годом, акустическая ситуация продолжает ухудшаться, особенно в условиях плотной городской застройки. И если несколько десятков лет назад акустическая ситуация в черте города формировалась преимущественно за счет шумного технологического оборудования промышленных предприятий, то в последние годы увеличение уровней шума происходит за счет автотранспортных потоков. Профилактическая составляющая методик борьбы с высоким шумом стала внедряться еще с 1956 года. В 2012 году вышли в свет рекомендации по оценке риска здоровью населения от воздействия транспортного шума.

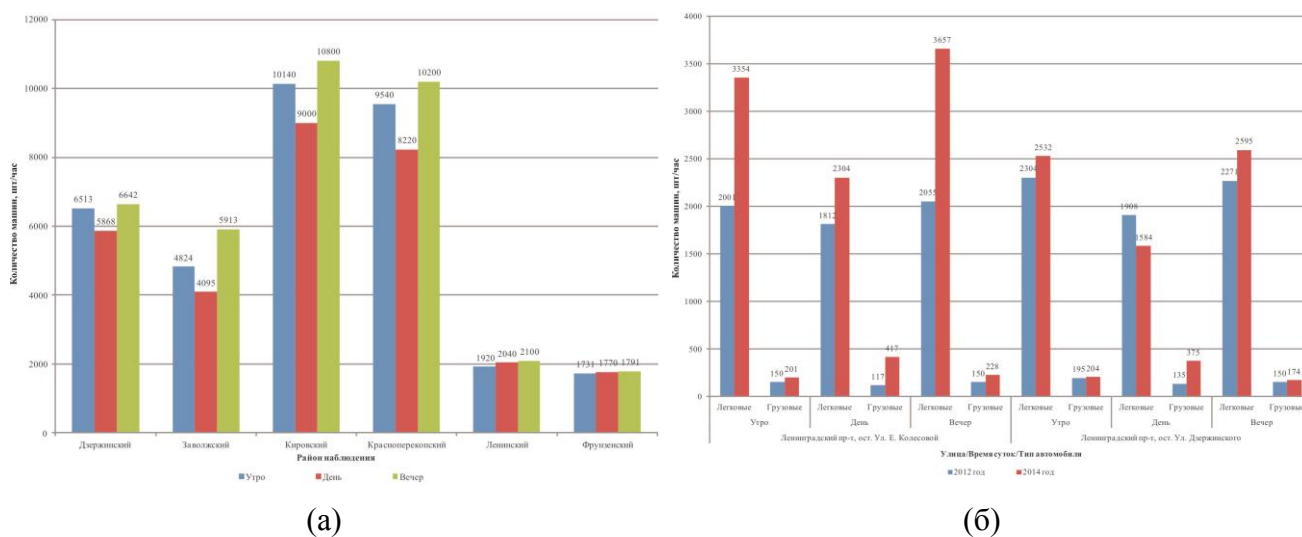
Сложившаяся акустическая ситуация, почти во всех городах России, в том числе г. Ярославле позволяет ее расценивать как «критическую», за счет бурной автомобилизации города. При этом наблюдается увеличение, можно сказать, «акустического смога» в г. Ярославле, возрастание рисков здоровью населения от автотранспорта в результате локализации негативных воздействий непосредственно в жилой зоне. Все это, по сути, создает неконтролируемую угрозу здоровью населения и качеству окружающей среде, тем самым показывает актуальность проблемы в системе «Человек–Общество–Природа». Актуальность темы позволяет включить проектную логику для эффективного решения задач по минимизации рисков здоровью, обеспечения качественной и безопасной среды обитания. Возможное развитие «антиустойчивости» за счет чрезмерных негативных динамических процессов в пространстве рисков, в первую очередь формируемых автотранспортом, показывает необходимость более жесткого учета фактора риска в программах и планах Ярославской области. Цель настоящей работы состояла в анализе районов г. Ярославля на основании оценки акустической, экспозиционной и рискованной нагрузок обусловленных автотранспортом, попытки разработать категории опасности районов г. Ярославля по критерию риска здоровью обусловленного транспортным шумом, а также подготовке

рекомендаций по минимизации негативных воздействий на здоровье населения. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: (1) проанализирована эколого-градостроительная ситуация г. Ярославля, с акцентом на расположение автомобильных дорог и интенсивность движения; (2) дана акустическая характеристика автотранспортных потоков на основании натуральных исследований их интенсивности; (3) выполнены акустические расчеты с построением зон шумового дискомфорта; (4) выполнена оценка риска развития неспецифических эффектов у населения от воздействия шума в районах г. Ярославля; (5) предложены категории опасности районов города по критерию риска здоровью, шумовой эмиссии и интенсивности движения; (6) предложены рекомендации по минимизации негативных воздействий на здоровье населения и окружающую среду.

**Материалы и методы.** Анализ эколого-градостроительной ситуации г. Ярославля включал территориальный анализ в разрезе городских районов (Дзержинский, Ленинский, Кировский, Фрунзенский, Красноперекоский, Заволжский районы). Исходными материалами являлись результаты собственных натуральных и расчетных исследований интенсивности автотранспортных потоков (2012-2014 гг.). Используя полученные натурные данные, выполнен расчет уровней шума для автотранспортных потоков с учетом его интенсивности по методике разработанной Институтом ЛЕННИИПРОЕКТ. Акустические расчеты от транспорта в рецепторных точках (определены на высоте 1,5 м, в 2 м от фасада зданий), выполнены с применением программного комплекса «Эколог-Шум», в соответствии с СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003», в часы «пик» – утреннее, дневное, вечернее время. Гигиенические скрининговые исследования оценки риска развития неспецифических эффектов от воздействия транспортного шума выполнены в соответствии с Инструкцией 2.1.8.10-12-3-2005 «Оценка риска здоровью населения от воздействия шума в условиях населенных мест» (республика Беларусь), методология которой основывается на психофизическом законе Вебера-Фехнера. Уровни риска неспецифического воздействия определялись с помощью расчетов величины  $prob$ . Для географического анализа шумовой эмиссии и рискованных нагрузок на население использовалась методика интеграции данных вычислительного моделирования в геоинформационные системы (Arc Gis 10.1, QGis). Статистический анализ выполнялся с применением прикладного пакета STATISTICA StatSoft и MS Excel 2007. Выполнялись расчеты среднего значения и стандартной ошибки ( $M \pm m$ ), верхнего и нижнего квартиля,

95 % доверительного интервала для среднего, корреляционный анализ Пирсона, кластерный анализ с помощью метода Варда, мерой близости в котором являлось Манхеттенское расстояние. Достоверными результаты считались при критическом уровне значимости  $p < 0,05$  (Халафян А.А., 2007).

**Результаты и обсуждения.** Одним из основных источников внешнего шума на территории как в целом в Ярославской области, так и в г. Ярославле, являются потоки легковых, грузовых автомашин, а также общественного транспорта на улично-дорожной сети. Началом исследований являлся этап идентификации опасности, который предусматривал выявление источников акустического загрязнения окружающей среды и возможного их воздействия на человека и экосистемы. Акустически исследуемая территория включала в себя: транспортные магистрали и примагистральные жилые кварталы. Для оценки акустической обстановки в городе были организованы посты наблюдения за интенсивностью автотранспортных потоков в часы «пик» в Дзержинском, Ленинском, Кировском, Фрунзенском, Красноперекоском и Заволжском районах с учетом движения автомашин в разных направлениях, количеством полос и скоростью. Общая картина интенсивности движения на контролируемых автодорогах показывает наиболее высокие показатели интенсивности в часы «пик» в вечернее и утреннее время суток. Максимальная автотранспортная нагрузка наблюдается в Кировском и Красноперекоском районах города, где количество транспорта в вечернее время превышает 10000 машин в час. Данные районы относятся к центральной части города, а дорога имеет большое количество полос (до 6 полос). Минимальное количество автомашин наблюдалось в Ленинском и Фрунзенском районах (рисунок 1а). Интенсивность автотранспортного потока в г. Ярославле растет с каждым годом, об этом свидетельствуют результаты сравнительного анализа количества автотранспорта за 2012 и 2014 гг. в Дзержинском районе. В 2014 г., по сравнению с 2012 г. общее количество машин увеличилось в 1,6 раза в основном за счет легкового автотранспорта (рисунок 1б).



**Рис. 1. Характер интенсивности движения (а) и динамики интенсивности автотранспортных потоков в 2012 и 2014 гг. (б)**

Среднее значение эквивалентного уровня звука от автодорог по всем районам города составило  $84,03 \pm 2,8$  дБА, нижняя и верхняя границы квартиля составляет  $78,43 - 88,06$  дБА, 95 % доверительный интервал для среднего значения –  $76,93 - 91,14$  дБА. Для шумового воздействия на территории жилой зоны (в рецепторных точках на жилых домах) среднее значение эквивалентного уровня звука составило  $74,91 \pm 2,5$  дБА, нижняя и верхняя границы квартиля составляет  $67,35 - 80,1$  дБА, 95% доверительный интервал для среднего значения –  $68,35 - 81,46$  дБА.

Следующим этапом исследования является оценка экспозиции шума в жилых районах г. Ярославля. На основании показателей интенсивности движения транспорта было выполнены расчеты уровней шума контролируемых автодорог, по сути, была определена шумовая характеристика дороги, как линейного источника шума, представленного в виде равномерно излучающей прямой линии с формированием цилиндрических волн. Анализ уровней шума автодорог показывает высокие значения во всех районах г. Ярославля. Наибольшие значения эквивалентных уровней звука от транспортных потоков наблюдаются в Красноперекопском районе –  $91,12$  дБА, Дзержинском районе –  $88,06$  дБА. В остальных районах города эквивалентные уровни звука остаются высокими и находятся в пределах  $73,24 - 87,26$  дБА. Такая шумность дорог не может не сказаться на шумовой обстановке в жилой зоне, тем более что жилые районы города характеризуются высокой плотностью застройки и близким расположением жилых домов к автомагистралям, что затрудняет, а в некоторых случаях делает невозможным проектирование шумозащитных мероприятий. Учитывая наибольшую интенсивность транспортных потоков в вечернее время, расчеты

эквивалентных уровней звука в расчетных точка выполнялись для вечернего и ночного времени. Моделирование шумового воздействия в жилой зоне показывает, что уровни шума во всех районах имеют значительные превышения не только для ночного, но и для дневного времени (таблица 1).

**Таблица 1. Акустическая характеристика районов г. Ярославля в вечернее время суток (суммарные по рецепторным точкам)**

Район	Средняя скорость, км/ч	Эквивалентные уровни звука автодороги, дБА	Эквивалентные уровни звука в жилой зоне, дБА	ПДУ, дБА
Дзержинский	70	88,06	80,08	Днем
Заволжский	80	87,26	80,41	
Кировский	60	86,12	75,87	Ночью
Красноперекопский	70	91,12	78,86	
Ленинский	40	78,43	67,35	45
Фрунзенский	50	73,24	66,89	

Следует отметить, что уровни шума в жилой зоне напрямую зависят от скорости автотранспортного потока ( $r=0,94$ ;  $p=0,005$ ) и соответственно шумовых характеристик самой автодороги ( $r=0,93$ ;  $p=0,006$ ), что также имеет высокую корреляционную зависимость с интенсивностью потока машин в дневное и вечернее время ( $r=0,82$ ;  $p=0,045$  и  $r=0,84$ ;  $p=0,036$  соответственно).

Оценка риска здоровью населения предусматривала оценку неспецифического воздействия транспортного шума на жителей, т. е. возможность оценить вероятность развития шумозависимых заболеваний у населения, проживающего в зонах шумового дискомфорта. Дозо-зависимые эффекты при воздействии высоких уровней вечерних и ночных шумов имеют достаточно широкий спектр, от функциональных нарушений до органических изменений непосредственно в слуховом анализаторе. В первую очередь нарушается сон – важная физиологическая составляющая здоровья. Биологические эффекты воздействия шума во время сна, даже без просыпания, в первую очередь проявляются в виде нарушений вегетативной регуляции деятельности сердца, различных изменений нервно-психической сферы с возможным развитием нейроциркуляторного синдрома. Возможны изменения секреторной и моторной функции желудочно-кишечного тракта и др. Также имеются ограниченные данные о том, что ночной шум вызывает изменение гормонального фона (Night noise..., 2009).

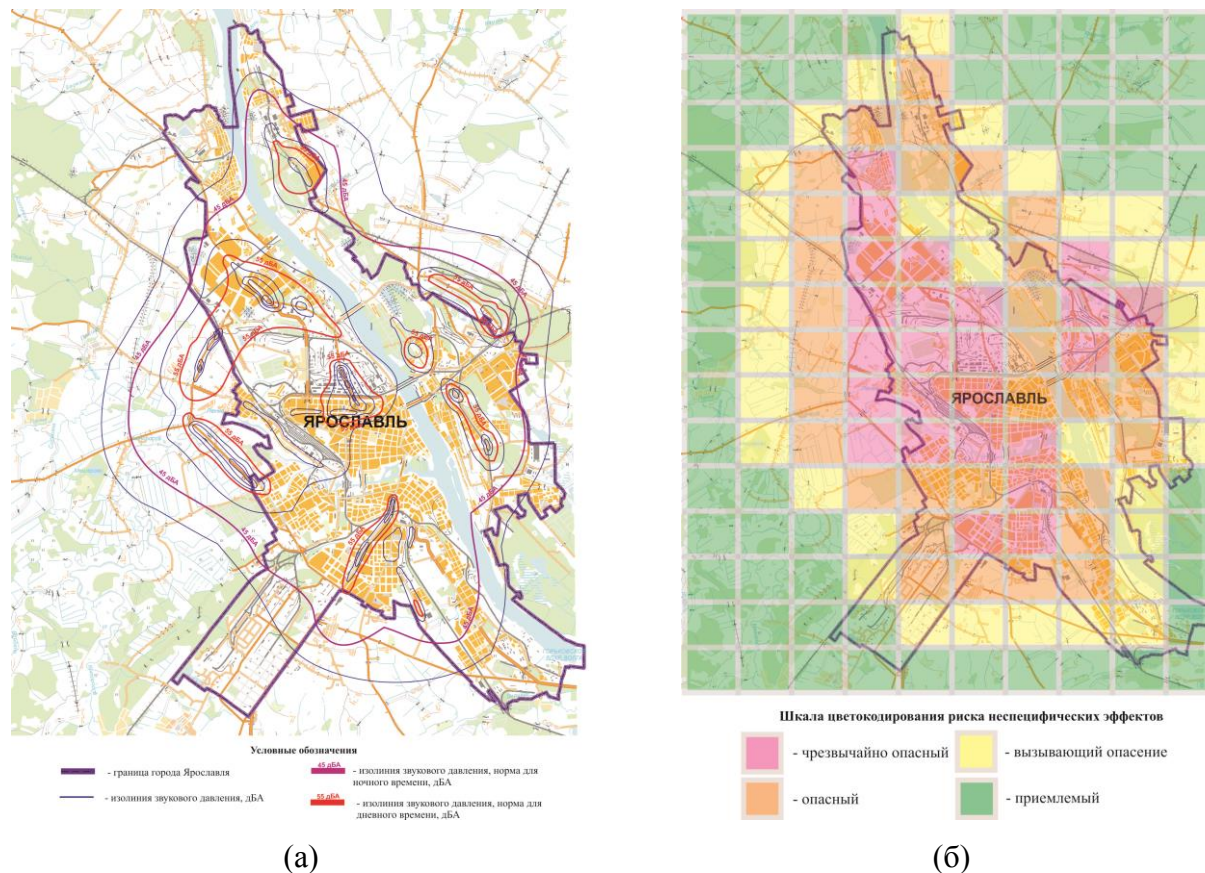
**Таблица 2. Уровни риска развития неспецифических эффектов у населения при воздействии шума автотранспорта (для вечернего и ночного времени суток)**

Район	Уровни риска здоровья населения, $\Sigma$	Плотность населения
Дзержинский	0,93	3882,1
Заволжский	0,85	1864,0
Кировский	0,92	3986,5
Красноперекопский	0,84	1836,6
Ленинский	0,86	6192,3
Фрунзенский	0,86	3565,6

Полученные величины потенциального риска неспецифических эффектов попадают в категорию «чрезвычайно опасный риск» с тенденцией перехода к «катастрофическому» по всем рассматриваемым районам города (таблица 2). Наиболее заселенными районами города являются Ленинский, Кировский, Дзержинский, а также Фрунзенский, в которых величина риска здоровью имеет максимальное значение.

Что же касается наиболее уязвимых групп населения, то дети имеют более высокий порог пробуждения, чем взрослые, поэтому они чаще менее чувствительны к ночному шуму. Однако реакция (ответ автономной нервной системы) детей на повышенные уровни шума аналогична или даже выше чем у взрослых. Таким образом, дети входят в уязвимую группу. Пожилые люди входят в уязвимую группу за счет того, что их структура сна с увеличением возраста становится более фрагментированной, это же наблюдается у беременных женщин. Отдельную группу риска составляют люди, работающие в разные смены, как правило, их система регуляции очень часто находится в состоянии перенапряжения, что затрудняет процесс адаптации к их циркадному ритму (Night noise..., 2009).

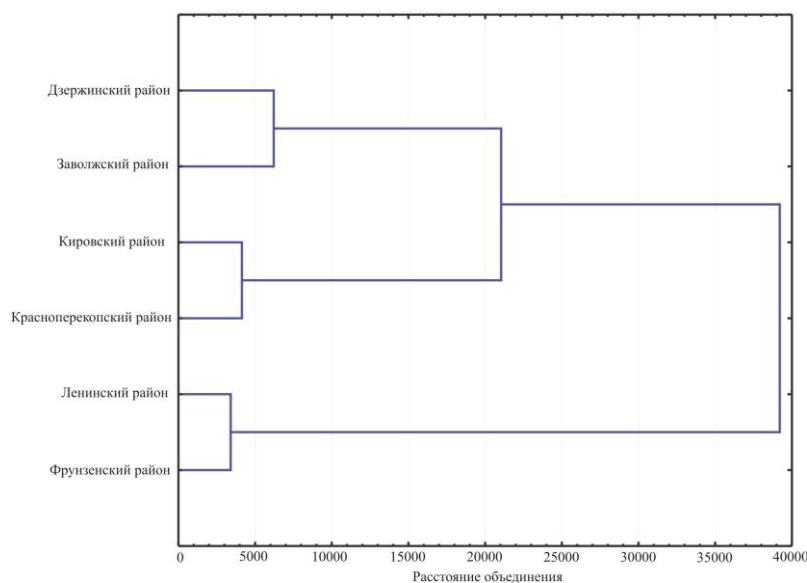




**Рис. 2. Географическое представление данных шумовой эмиссии (а) и рискованной нагрузки (б) в г. Ярославле в вечернее время**

Географическое распределение величины риска здоровью населения, а также уровней шумового воздействия с зонами шумового дискомфорта позволило определить наиболее уязвимые «горячие точки» в жилых районах г. Ярославля, в которых необходимы дополнительные углубленные исследования. Шумовая карта-схема г. Ярославля показывает, что зона с нормативным уровнем шума в ночное время (45 дБА) выходит за пределы города почти во всех направлениях. Внутри городская территория имеет множество протяженных зон со сверхнормативными уровнями шума для ночного времени на дорогах с наиболее интенсивным движением транспортных средств. Дневные уровни гигиенических норм шума (55 дБА), если рассматривать такую картину днем, также не выдерживают нормативных значений в большей части примыкающих жилых кварталов (рисунок 2а). Максимальный риск развития неспецифической патологии у населения наблюдается в северной и южной частях жилой застройки города. В целом по Ярославлю величина шумовой нагрузки формирует зоны с чрезвычайно опасным риском неспецифических эффектов. Ближе к периферии города зоны риска остаются опасными, за городской чертой – вызывающими опасение (рисунок 2б). Данная рискованная картина требует неотложной реализации комплекса

шумозащитных мероприятий, а также активизации диспансерного наблюдения экспонируемого населения.



**Рис. 3. Иерархический кластерный анализ районов г. Ярославля по санитарно-акустическим показателям**

Иерархический кластерный анализ, выполненный с помощью метода Варда (Ward's method) позволил сгруппировать районы г. Ярославля по комплексу санитарно-акустических показателей с учетом плотности населения каждого квартала (рисунок 3). Такой подход оптимизировал аналитическую работу, так как позволил уменьшить сумму квадратов для любых двух (гипотетических) кластеров, которые могли бы быть сформированными на каждом шаге. Так, на данном рисунке, по оси Y представлены районы наблюдений, по оси X – манхеттенское расстояние объединений. Дендрограмма показывает три кластера – категорий районов г. Ярославля со схожими санитарно-акустическими характеристиками формируемыми автотранспортом. В первый кластер – категорию опасности входят Ленинский и Фрунзенский районы, во второй – Кировский и Красноперекопский районы, в третий кластер попали Дзержинский и Заволжский районы г. Ярославля.

Оценка акустического воздействия автотранспорта на примагистральные жилые зоны, позволили рассмотреть и предложить комплекс рекомендаций и мероприятий по минимизации уровней шума. С учетом сложившейся плотной застройки наиболее перспективными на наш взгляд является разработка и внедрение системы ограничительных мер в части движения на магистралях в ночное время по территории города, внедрение современных шумозащитных технологий в дорожном строительстве (оптимизация конструктивных решений при строительстве дорог и применение «тихих» асфальтов),

максимальную эффективность шумозащиты в жилых комплексах и их реальную реализацию показывает установка шумоизолирующих окон, а также звукоизоляция элементов здания. Следует отметить, что в настоящее время при строительстве нового жилья, такая шумозащита имеет активное внедрение и достаточно хорошую перспективу. Учитывая всю остроту вопроса, обойтись каким-либо одним шумозащитным мероприятием не представляется возможным, т. к. это не обеспечит нормативных требований к шумовому режиму жилой территории. Необходимо проведение комплекса мероприятий, направленных на снижение уровней шума. Важное значение имеет комплексное озеленение территорий районов, особенно это актуально для всего внутриквартального пространства, в том числе и на тех улицах, где акустическая нагрузка не значительна. Данный метод важен не только в части снижения шума, но и в части улучшения микроклимата и санитарно-гигиенических условий: снижения скорости ветра, задержке пыли и аэрозолей; уменьшения концентраций дыма и вредных газов в воздухе, создания в районе пейзажной среды.

Таким образом, выполненные исследования показали, что фактор шума оказывает большое влияние на качество жизни населения и состояние урбанизированных территорий, имеет статистические значимые зависимости от технических параметров автомашин и особенностей улично-дорожной сети. Выполненная оценка риска здоровью населения еще раз позволила убедиться в критичности акустической ситуации и необходимости внедрения активных профилактических действий от негативного воздействия шума в г. Ярославле. Все это подтверждает необходимость ориентироваться на принципы устойчивого развития, замедляя ускоренную тенденцию «антиустойчивости». Хотелось бы отметить, что в нашей стране необходимо, опираясь на зарубежный опыт, осуществлять радикальные меры по решению транспортной проблемы, так как от состояния транспортной инфраструктуры зависит экономическое положение региона, эффективная работа промышленности и его инвестиционная привлекательность. В заключение хотелось бы подчеркнуть важность оценки шумового воздействия от автотранспорта в природообустройстве городских поселений, а также универсальность процедуры оценки риска здоровью населения в различных аспектах обеспечения экологической безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, комплексное планирование города.

### Литература

1. Будущее, которое мы хотим: Итоговый документ Конференции ООН по устойчивому развитию «РИО+20». Рио-де-Жанейро, Бразилия, 20-22 июня 2012 года. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.un.org/ru/sustainablefuture>, свободный.
2. Кузнецов О.Л., Кузнецов П.Г., Большаков Б.Е. Система природа–общество–человек: Устойчивое развитие. — М.: ГНЦ РФ ВНИИгеосистем; Дубна: Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 2000. — 272 с.
3. Фоменко Г.А. Экологические риски в устойчивом развитии и «зеленой» экономике // Формирование и реализация экологической политики на региональном уровне: материалы VI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции 24-25 октября 2013 г. — Ярославль, 2013. — с. 197-202.
4. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник. 3-е изд. — М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. — 512 с.
5. Night noise guidelines for Europe. — Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2009.