

АКУСТИЧЕСКИЕ ШУМЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ г. ТОМСКА

А.А. Бочаров, А.Г. Колесник, А.В. Соловьев

Томский государственный университет
E-mail: euphoria@docsis.ru

Предложена методика построения карты шума города по спектральным характеристикам акустических шумов. Построены карты акустических шумов в звуковом и инфразвуковом диапазоне частот, а также карты пространственного распределения показателя спада по данным измерений в г. Томске.

Ключевые слова:

Карта шума города, инфразвук, показатель спада, спектр акустических шумов.

Key words:

Noise map of the city, infrasound, recession indicator, spectrum of acoustic noise.

Акустический шум является важным экологическим фактором в окружающей среде. В городских условиях акустические шумы характеризуются большим многообразием источников техногенного происхождения связанных с деятельностью человека. Наиболее распространенными источниками являются энергетические подстанции, тяжелая строительная техника, и движение транспорта.

Технологическое, промышленное и социальное развитие населенных пунктов сопровождается ростом шумового загрязнения их окружающей среды. В последнее десятилетие уровень шума в больших городах вырос в 10...15 раз. Влияя на психику человека, он вызывает рассеянность, усталость и другие симптомы. Длительное пребывание под воздействием шума может привести к различным психическим заболеваниям и расстройствам, а также оказывает влияние на сердечно-сосудистую систему человека [1, 2]. Поэтому в городах остро встает необходимость выявления районов с повышенной шумовой загрязненностью, так как именно в них наиболее часто происходят ДТП и другие аварии на строительных и монтажных работах [3, 4].

Целью данной работы является определение мест урбанизированной территории с наиболее высоким уровнем акустических шумов, картирование территорий по их спектральным характеристикам и анализ спектральных характеристик акустических шумов по данным измерений в г. Томске.

Для выявления мест с наиболее высоким уровнем акустических шумов используют карты шумовой загрязненности. Карта шумовой загрязненности — это удобный инструмент для изучения, прогнозирования и контроля шума в окружающей среде. Основная цель карты шумовой загрязненности — создание визуального представления шума в окружающей среде на определенной географической территории.

Существуют различные методики определения уровня акустических шумов в городских условиях. Различие заключается в выборе измерительных пунктов, а также измеряемых величин. Например, при построении шумовой карты г. Тайнан (Тайвань), территория города была разделена на 8 зон:

жилая зона; культурная и образовательная, включая все культурные или образовательные учреждения; коммерческая; сельскохозяйственная; индустриальная; так называемый синий пояс, включая водные системы; зеленый пояс, включая парки; и другие. Для этих зон рассчитывались усредненные значения уровня акустических шумов [5]. В г. Вальдивии (Бразилия), для определения измерительных пунктов, на географическую карту города была нанесена сетка с размером ячейки 400×400 м. Измерения уровня акустических шумов проводились в узлах этой сетки не зависимо от архитектурной планировки города [6]. В г. Саппоро (Япония), при построении карты шумовой загрязненности, территория города была разделена на восемь кольцевых зон на расстоянии 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 км от центра города [7]. В этих городах измерения уровня акустических шумов проводились в звуковом диапазоне частот. Измеряемой величиной являлся эквивалентный по энергии уровень звука $L_{Аэкв}$, который определяется по формуле:

$$L_{Аэкв} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \right],$$

где $p(t)$ — текущее значение среднего квадратичного звукового давления, Па; $p_0=2 \cdot 10^{-5}$ Па — порог слышимости; T — время действия шума в ч.

Эквивалентный по энергии уровень звука $L_{Аэкв}$ непостоянного шума соответствует уровню такого постоянного шума, энергия которого равна энергии непостоянного шума за промежуток времени T . Данный подход к измерениям уровня шума не дает представления о спектральном составе и распределении энергии в исследуемом диапазоне частот.

Предлагаемая методика отличается от описанных выбором измерительных пунктов и измеряемых параметров. Помимо измерений уровня акустических шумов в звуковом диапазоне частот, проводятся измерения уровня акустических шумов инфразвукового диапазона частот, так как колебания именно этого диапазона являются наиболее вредными и опасными для здоровья человека. На-

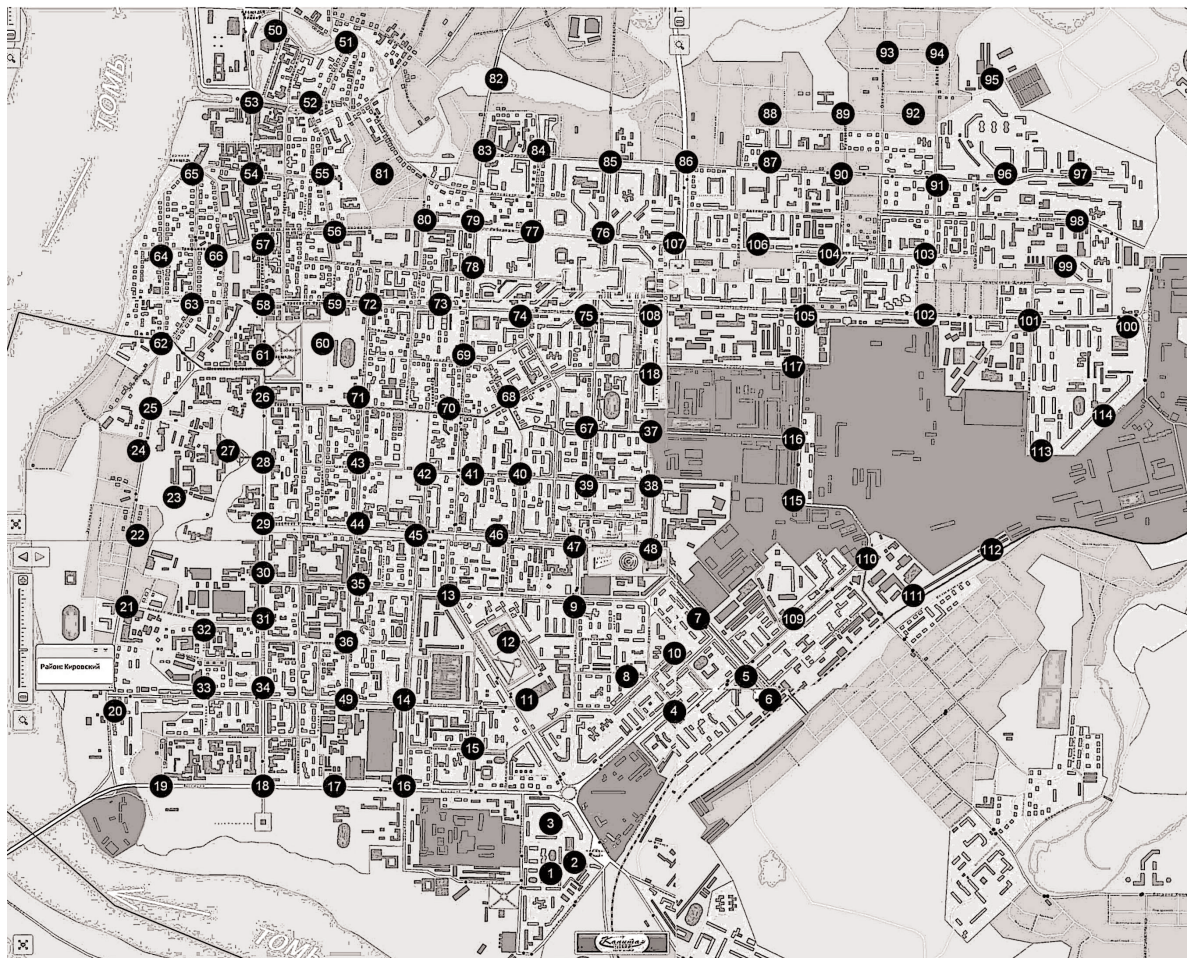


Рис. 1. Расположение измерительных пунктов по карте г. Томска (на основе 2ГИС Томск)

ибольшее акустическое загрязнение находится в местах повышенной деловой активности населения. Поскольку Кировский и Советский район являются деловым центром г. Томска, то измерения проводились в этих районах. Измерительные пункты размещались в местах наибольшего скопления транспорта и населения. Число измерительных пунктов в общей сложности составило 118 ед. На рис. 1 представлено расположение измерительных пунктов.

Спектр акустических шумов может иметь сложную структуру, но в общем случае описывается степенной зависимостью интенсивности шума от частоты (рис. 2).

Формы спектра акустических шумов описываются функциональной зависимостью:

$$I = I_s f^{-\alpha}, \quad (*)$$

где I_s – интенсивность шума на частоте 1 кГц для звукового диапазона частот, которая соответствует величине уровня звука в фонах, и 10 Гц – для инфразвукового диапазона частот; f – частота, α – показатель спада спектральной интенсивности [3, 8]. Показатель спада характеризует уменьшение амплитуды спектра с увеличением частоты и используется для определения структуры спектра.

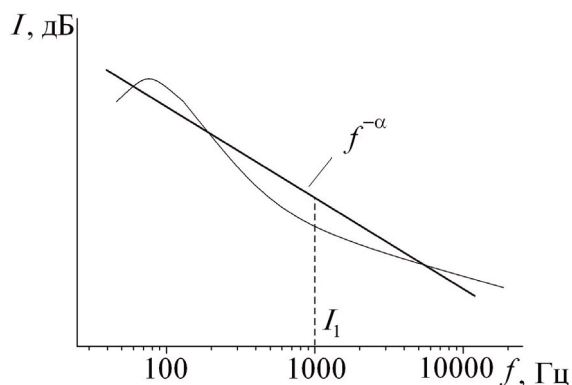


Рис. 2. Форма спектра акустических шумов и его модельное представление

При увеличении показателя спада в спектре будет наблюдаться увеличение крутизны спада интенсивности с ростом частоты. Если показатель спада стремится к нулю, то спектр будет ближе к равномерному. Показатель спада позволяет проводить оценку соотношения интенсивности низко- и высокочастотной частей спектра.

На основе предложенной методики проведено картирование Кировского и Советского района г. Томска по спектральным характеристикам аку-

стических шумов. Измерения проводились с помощью шумомера – анализатора спектра «ОКТАВА – 101 АМ» в один и тот же интервал местного времени – с 12:00 до 14:00 ч., что соответствует повышенной деловой активности города. Измерения проводились в осенний период времени в сухую

погоду без сильного ветра. В измерительном пункте микрофон ненаправленного действия располагался на высоте 1,5 м над поверхностью земли. В каждом пункте измерения проводились по 3 раза через 5-и минутный интервал времени. Полученные данные усреднялись, затем рассчитывались ус-

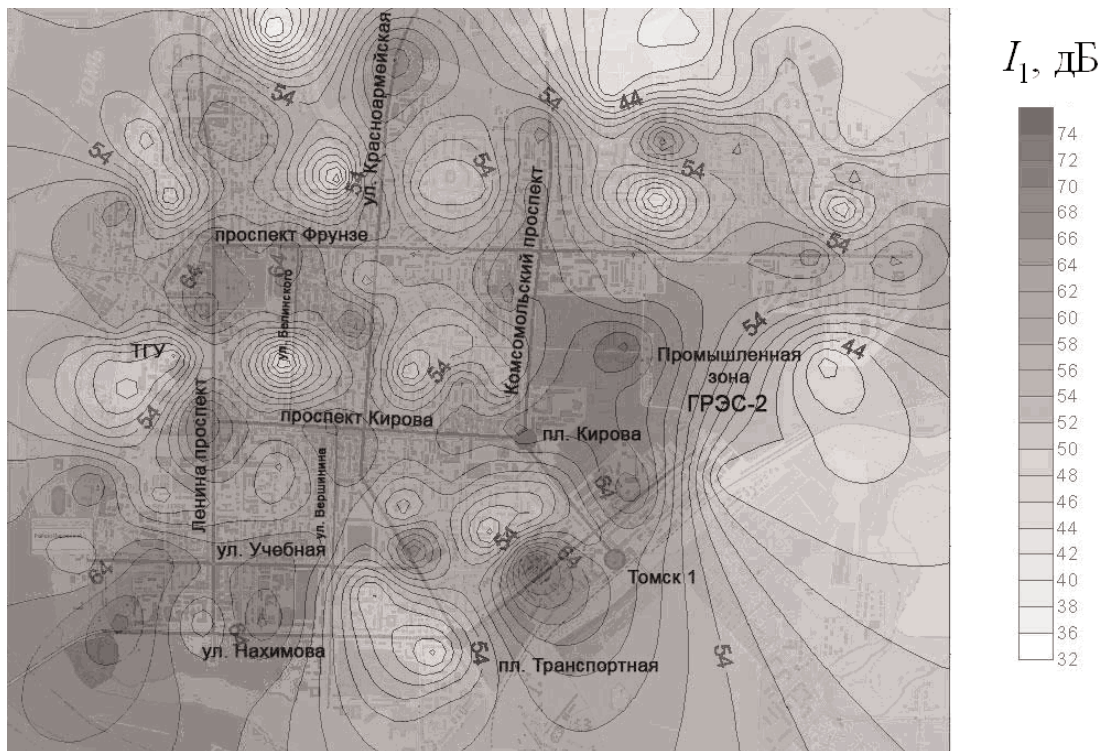


Рис. 3. Уровень шума на частоте 1 кГц в измерительных пунктах г. Томска

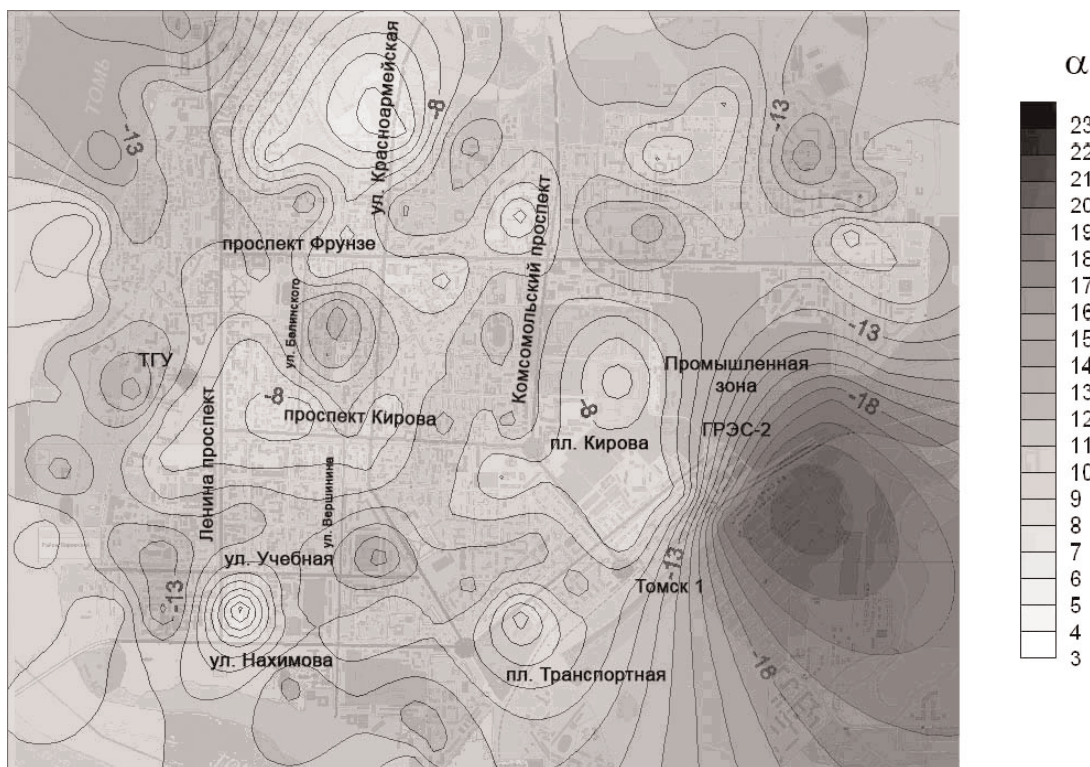


Рис. 4. Пространственное распределение показателя спада в спектре акустических шумов для звукового диапазона частот

редненные энергетические спектры акустических шумов. Из полученных спектров определяли их интенсивность на частоте 1 кГц и 10 Гц, далее по формуле (*) рассчитывали показатели спада для указанных частот.

В звуковом диапазоне частот (рис. 3) наиболее высокий уровень шума наблюдается в окрестности крупных дорог, магистралей, таких как пр. Ленина, Фрунзе, ул. Красноармейская и т. д., и достигает величин порядка 70 дБ. В жилых районах, вдали

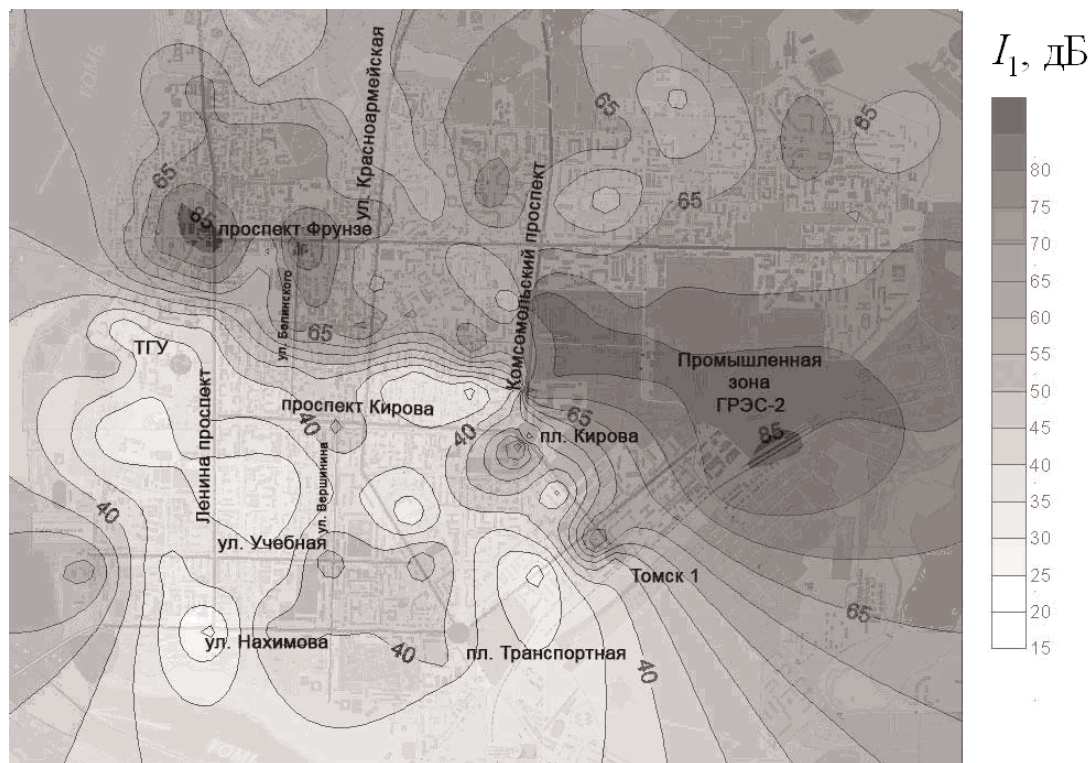


Рис. 5. Уровень шума на частоте 10 Гц в измерительных пунктах г. Томска



Рис. 6. Пространственное распределение показателя спада в спектре акустических шумов для инфразвукового диапазона частот

от крупных дорог, во дворах уровень шума гораздо ниже, уровень звукового давления находится в пределах 40 дБ.

Вдоль крупных дорог и проспектов показатель спада находится в пределах от 3 до 7, то есть форма спектра стремится к более пологой (рис. 4). В жилых районах, где уровень акустических шумов не велик, показатель спада достигает величин, порядка 20, т. е. с увеличением частоты от 0,5 и до 15 кГц амплитуда акустических шумов уменьшается приблизительно на 30 дБ, общая энергия спектра перетекает в низкочастотную область.

В инфразвуковом диапазоне частот (рис. 5) повышенный уровень шумов, как и в звуковом диапазоне, наблюдается в местах скопления транспорта, на крупных пересечениях улиц, таких как пр. Фрунзе – пр. Ленина, ул. Учебная – Красноармейская, пл. Кирова и т. д. В инфразвуковом диапазоне частот наиболее высокий уровень шумов наблюдается в области промышленной зоны. Там находятся такие объекты, как «ГРЭС-2», «Союзлифتمонтаж», «Томскэнергострой» и т. д.

Вдоль крупных дорог, проспектов показатель спада для инфразвукового диапазона частот находится в пределах от 0 до 6, т. е. форма спектра стремится к более пологой (рис. 6). В жилых и отдаленных районах, где уровень акустических шумов

не велик, показатель спада достигает величин порядка 15, т. е. с увеличением частоты от 1...2 Гц до 20 Гц амплитуда акустических шумов уменьшается приблизительно на 20 дБ, общая энергия спектра перетекает в низкочастотную область.

Статистический анализ шумового загрязнения г. Томска показал, что в деловой части города, преобладают значения уровня акустических шумов в звуковом диапазоне частот порядка 60...65 дБ (рис. 7, а) с показателем спада 10...12 (рис. 8, а), для инфразвука – порядка 60...70 дБ (рис. 7, б) с показателем спада порядка 4...6 (рис. 8, б).

Анализ распределения акустических шумов показал, что наибольшие величины уровня звукового давления и показателя спада в городе наблюдаются на перекрестках и проспектах, где наблюдается наибольшее сосредоточение транспортных средств. В жилых зонах, во дворах, на территории парков уровень шума заметно ниже. В звуковом диапазоне это более ярко выражено, чем в инфразвуковом. Логично предположить, что основным источником техногенных шумов в городских условиях является транспорт [9]. Помимо транспорта, в инфразвуковом диапазоне частот существуют другие источники, которые влияют на формирование акустического фона в городе. К ним можно отнести деятельность промышленной зоны – работы механизмов, выбросы газов и т. д.

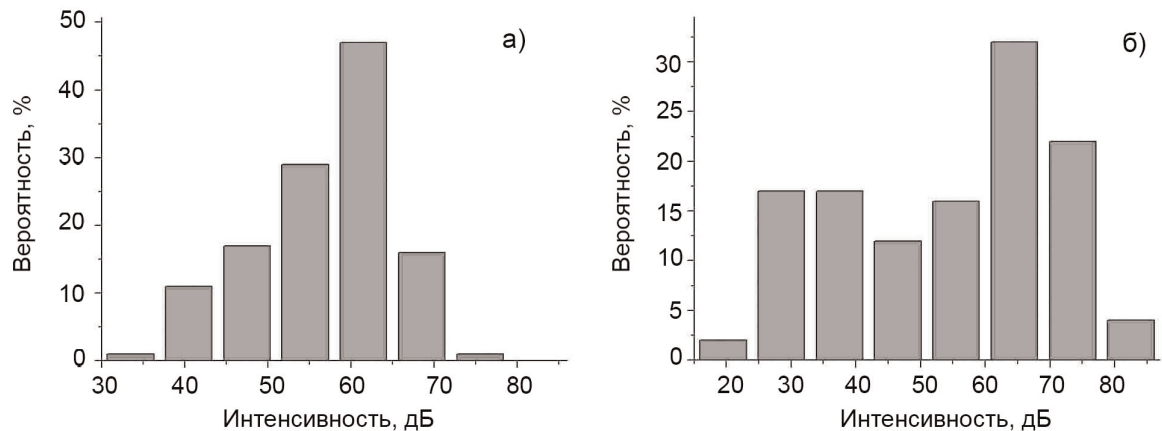


Рис. 7. Вероятность величины интенсивности акустических шумов в диапазонах частот: а) звуковом; б) инфразвуковом

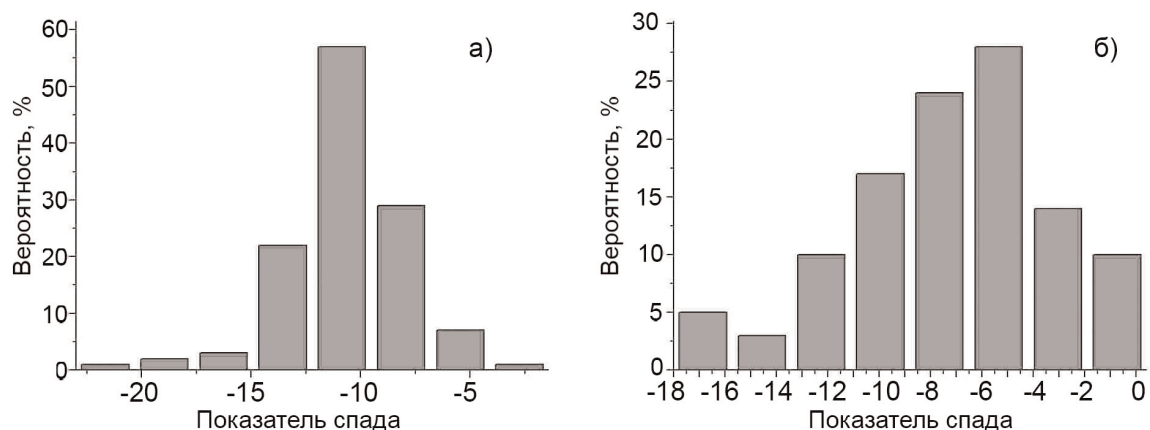


Рис. 8. Вероятность величины показателя спада в диапазонах частот: а) звуковом; б) инфразвуковом

Заключение

Предложена методика акустического картирования города, которая позволяет не только оценивать уровень шумовой загрязненности, но и проводить анализ формы спектра в городских условиях. Построена карта акустических шумов, а также карта пространственного распределения формы спектра в звуковом и инфразвуковом диапазоне частот в г. Томске. Показано, что в деловой части города в звуковом диапазоне частот преобладают значения уровня акустических шумов в пределах от 60 до 65 дБ с показателем спада от 10 до 12; в инфразвуковом диапазоне — от 60 до 70 дБ с показателем спада от 4 до 6.

В звуковом диапазоне частот наибольшие значения уровня акустических шумов и показателя спада наблюдаются на перекрестках и проспектах

города. В инфразвуковом диапазоне частот значительный вклад в формирование фоновых шумов вносят деятельность промышленной зоны. Уровень акустических шумов в г. Томске удовлетворяет санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.583-96 и не превышает порог 90 дБ.

Полученные результаты могут быть использованы при проведении мероприятий по защите населения от повышенного шумового воздействия, а также для оценки уровня акустических шумов проектируемых транспортных магистралей и городской застройки.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 гг.», ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 гг.» и АВЦП Минобрнауки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перминов А.А., Соловьев А.В., Бородин А.С. Влияние фоновых инфразвуковых колебаний давления на сердечно-сосудистую систему человека // Известия вузов. Физика. — 2010. — Т. 53. — № 9/3. — С. 229–230.
2. Соловьев А.В., Бородин А.С., Колесник А.Г. Сопряженность частоты сердечных сокращений человека с вариациями инфразвукового фона окружающей среды // Вестник ТГУ. — 2007. — № 297. — С. 168–171.
3. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. — Томск: Водолей, 2001. — 278 с.
4. Тейлор Р. Шум. Пер. с англ. Д.И. Арнольда / под ред. М.А. Исаковича. — М.: Мир, 1978. — 308 с.
5. Kang-Ting Tsai, Min-Der Lin, Yen-Hua Chen. Noise mapping in urban environments: A Taiwan study // Applied Acoustics. — 2009. — V. 70. — P. 964–972.
6. Sommerhoff J., Recuero M., Suárez E. Community noise survey of the city of Valdivia, Chile // Applied Acoustics. — 2004. — V. 65. — P. 643–656.
7. Kazuo Saito, Tadao Makizuka, Gouichi Tanaka, Shinji Miyake, Tadamshi Niioka, Shun Fujimoto, Toshiyuki Hosokawa, Masaharu Kumashiro, Hiroshi Kaji. An urban noise Survey in Sapporo, Japan // Environ. Sci. Hokkaido. — 1986. — V. 9. — P. 15–26.
8. Бочаров А.А., Соловьев А.В. Картирование города Томска по спектральным характеристикам акустических шумов // Контроль окружающей среды и климата «КОСК-2010»: Матер. VII Всеросс. симп. (с привлечением иностранных ученых) / под общ. ред. М.В. Кабанова, А.А. Тихомирова. Томск, 5–7 июля 2010 г. — Томск: Аграф-Пресс, 2010. — С. 145–147.
9. Бочаров А.А., Соловьев А.В. Влияние интенсивности транспортного потока на общий уровень акустического фона в городе Томске // Известия вузов. Физика. — 2010. — Т. 53. — № 9/3. — С. 225–226.

Поступила 21.10.2011 г.