

УДК 534.6

## АНАЛИЗ ИНФРАЗВУКОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА САМАРА

© 2020 А.В. Васильев

Институт экологии Волжского бассейна РАН –  
филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН, г. Тольятти, Россия

Статья поступила в редакцию 09.10.2020

Рассматриваются вопросы воздействия инфразвука в условиях территории жилой застройки городского округа Самара. Проведен анализ источников инфразвукового излучения, оказывающих наиболее негативное воздействие. Рассмотрены особенности негативного воздействия инфразвука. Результаты измерений инфразвука позволяют прийти к выводу о превышении нормативных значений инфразвука в ряде зон территории жилой застройки городского округа Самара и о необходимости разработки и внедрения мероприятий по снижению негативного воздействия инфразвука.

*Ключевые слова:* инфразвук, территория жилой застройки, источник, измерение

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-60-68

*Работа выполнена в рамках губернского гранта Самарской области по науке и технике.*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Антропогенное воздействие инфразвука 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 инфразвукового излучения в городских территориях, что приводит к негативному воздействию на здоровье человека [2, 3, 6-8, 10]. В ряде работ показано, что низкочастотный шум и инфразвук распространяются на значительные расстояния практически без поглощения [1, 3, 4, 9-11]. Поэтому интенсивное воздействие инфразвука на человека возможно на значительной части урбанизированных территорий.

Результаты исследований действия инфразвука на человека показывают, что вредное воздействие инфразвука носит комплексный характер и в том числе выражается в угнетении слуховой, вестибулярной и статокINETической функций; появлении признаков утомления и снижении работоспособности, воздействии на вестибулярный аппарат, сердечно-сосудистую систему и др. Поэтому исследование и снижение негативного воздействия инфразвукового излучения является актуальной задачей.

Настоящая статья посвящена анализу инфразвукового излучения в условиях территории жилой застройки городского округа Самара.

### 2. ИСТОЧНИКИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНФРАЗВУКА В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Характер инфразвукового излучения 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).

Инфразвук как естественный экологический фактор может достигать существенных значений при таких природных явлениях, как штормы, землетрясения, извержения вулканов и пр. Грохот извержения вулкана Кракатау в 1883 г. не уступал по мощности грохоту современного атомного взрыва. Особое внимание привлекает сочетанное воздействие естественных и антропогенных источников инфразвука [3].

Значительную роль при воздействии биотических факторов на биосферу в настоящее время играет антропогенное (прежде всего техногенное) воздействие, создаваемое человеком в процессе хозяйственной деятельности [2, 3].

К основным источникам инфразвука урбанизированных территорий можно отнести:

- отдельные автомобили, мотоциклы;
- автомобильные транспортные потоки;
- железнодорожный транспорт;
- авиация;
- троллейбусы и трамваи;
- линии метрополитена;
- промышленные предприятия;
- строительные работы;
- внутриквартальные источники и др.

Одним из наиболее интенсивных источников инфразвукового излучения в условиях го-

*Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, директор Института экологии Волжского бассейна РАН – филиала Самарского федерального исследовательского центра РАН. E-mail: avassil62@mail.ru*

родской территории являются транспортные потоки, оказывающие 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.

В условиях территории городского округа Самара имеются рельсовый городской транспорт (трамвай) и метрополитен. Общим интенсивным источником инфразвука для всех городских округов Самарской области является значительный автотранспортный парк, существенную часть которого составляют легковые автомобили.

Другие интенсивные источники инфразвука – это, прежде всего, промышленные предприятия, где имеются низкооборотные компрессорные установки, насосы и другое технологическое оборудование, системы вентиляции и кондиционирования и др.). При их работе оказывается 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.

### **3. ОСОБЕННОСТИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ИНФРАЗВУКА НА ЧЕЛОВЕКА**

В современных городах инфразвук стал одним из серьезных факторов окружающей среды, которые негативно влияют на благосостояние и здоровье человека. Он непрерывно воздействует на организм человека. При этом изучению влияния инфразвука на человека уделяется недостаточное внимание.

Инфразвук из-за непрерывного долгосрочного характера воздействия может оказывать кумулятивное воздействие. Накапливаясь в организме человека, инфразвуковые воздействия угнетают нервную систему и во многих случаях становятся причиной преждевременного утомления, головной боли, раздражительность, нарушение внимания и памяти, снижение работоспособности и травм. Возникают усталость, головная боль, головокружение.

Вредное воздействие инфразвука на организм человека усугубляется совпадением частоты инфразвуковых колебаний с естественной частотой колебаний того или иного органа. Резонансные частоты для человека находятся в диапазоне от 4 до 15 Гц. Наиболее опасным является интервал от 6 до 9 Гц.

Инфразвук с частотой до 10 Гц вызывает резонансные симптомы в крупных внутренних органах – желудке, печени, сердце, легких. Длительное воздействие инфразвука на частоте 4 ... 10 Гц может, например, вызвать хронический гастрит или колит, который сохраняется в течение длительного времени после окончания воздействия.

Инфра-частоты около 12 Гц с мощностью 85–110 дБ вызывают приступы движения и головокружение, а колебания с частотой 6 Гц и от 15 до 18 Гц вызывают чувство тревоги и в конечном итоге страха и паники [3, 9-12].

Исследования биологического воздействия инфразвука на организм показали, что на уровне от 110 до 150 дБ и более он может вызывать у людей неприятные субъективные ощущения и многие реактивные изменения, в том числе изменения в нервной системе, центральный, сердечно-сосудистый и дыхательный, а также вестибулярный анализатор. Инфразвук вызывает потерю слуха на низких и средних частотах. Инфразвук с силой более 150 дБ совершенно невыносим для человека; при 180 - 190 дБ смерть наступает из-за разрыва альвеол легких.

По некоторым данным, инфразвук может снизить производительность труда до 75%. Значительные психотропные эффекты воздействия инфразвука наиболее выражены на частоте 7 Гц, что согласуется с альфа-ритмом естественных колебаний мозга.

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

Таким образом, можно утверждать, что инфразвуковое загрязнение окружающей среды (природной, производственной, бытовой) в настоящее время представляет собой одну из серьезных проблем экологии и безопасности жизнедеятельности.

### **4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИНФРАЗВУКА В УСЛОВИЯХ ТЕРРИТОРИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДСКОГО ОКРУГА САМАРА**

Проведены исследования влияния внешних источников инфразвука на территорию жилой застройки городского округа Самара. Всего было обследовано свыше 200 точек. При этом особое внимание уделялось территории, примыкающей к зонам вблизи транспортных магистралей и промышленных предприятий.

Измерения проводились как в дневное, так и в ночное время в октавных и третьоктавных полосах частот. Оценка результатов измерений проводилась в соответствии с действующими нормативными документами.

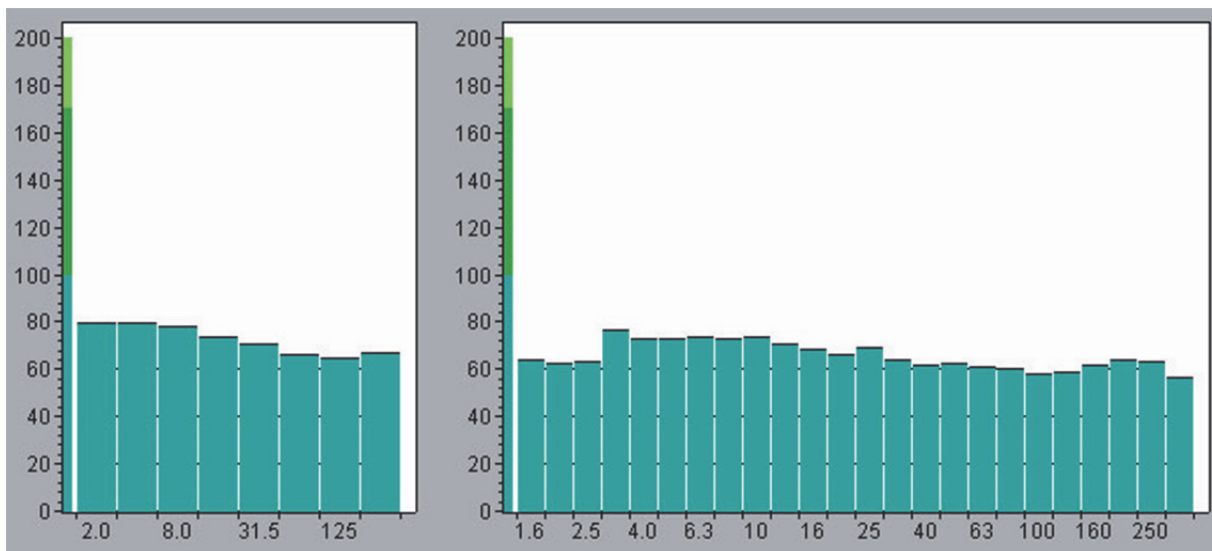
Максимально допустимый уровень инфразвука в жилых районах в соответствии с СН 2.2.4 / 2.1.8.583-96 составляет 90 дБ Лин (общий уровень инфразвука) для октавных полос: 2 Гц - 90 дБ; 4 Гц - 85 дБ, 8 Гц - 80 дБ, 16 Гц - 75 дБ. В случае изменяющегося во времени и прерывистого инфразвука уровень звукового давления, измеряемый по шкале измерителя уровня звука «Лин», не должен превышать 120 дБ.

Измерения были проведены в следующих районах городского округа Самара: Промышленный район; Октябрьский район; Ленинский район; Самарский район; Железнодорожный район; Красноглинский район; Кировский район.

Измерения проводились с помощью современного измерительного оборудования первого класса точности: шумомер - анализатор шума «Октава 101АМ», анализатор шума и вибрации «Ассистент».

Примеры представления спектральных характеристик уровней инфразвука показаны на рис. 1 и 2.

Анализ результатов измерений позволил выявить наиболее значительные превышения нормативных значений по уровню звукового давления инфразвука в октавных полосах частот в ряде точек измерений на территории городского округа Самара.

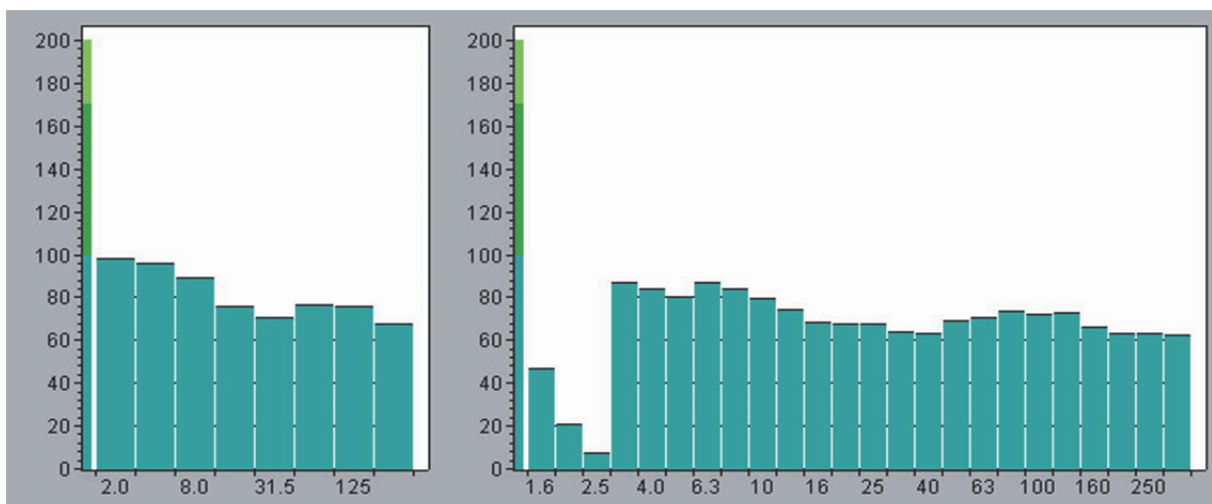


**Рисунок 1** – Октавный и третьоктавный спектры уровней звукового давления инфразвука в г. Самара, Кировский район, ул. Демократическая, дом №4

Обозначения:

По вертикали: уровень звукового давления в инфразвуковом диапазоне, дБ

По горизонтали: частота, Гц

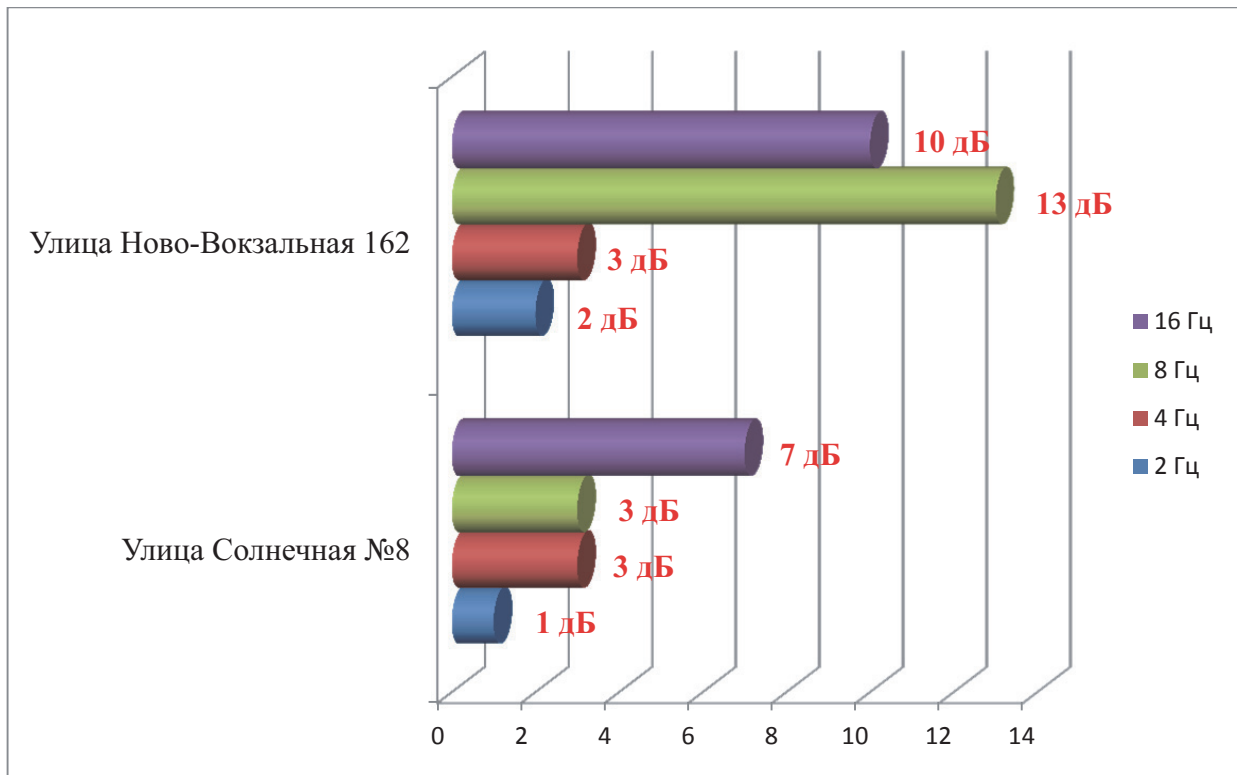


**Рисунок 2** – Октавный и третьоктавный спектры уровней звукового давления инфразвука в г. Самара, Октябрьский район, ул. Ново-Садовая, дом №33

Обозначения:

По вертикали: уровень звукового давления в инфразвуковом диапазоне, дБ

По горизонтали: частота, Гц

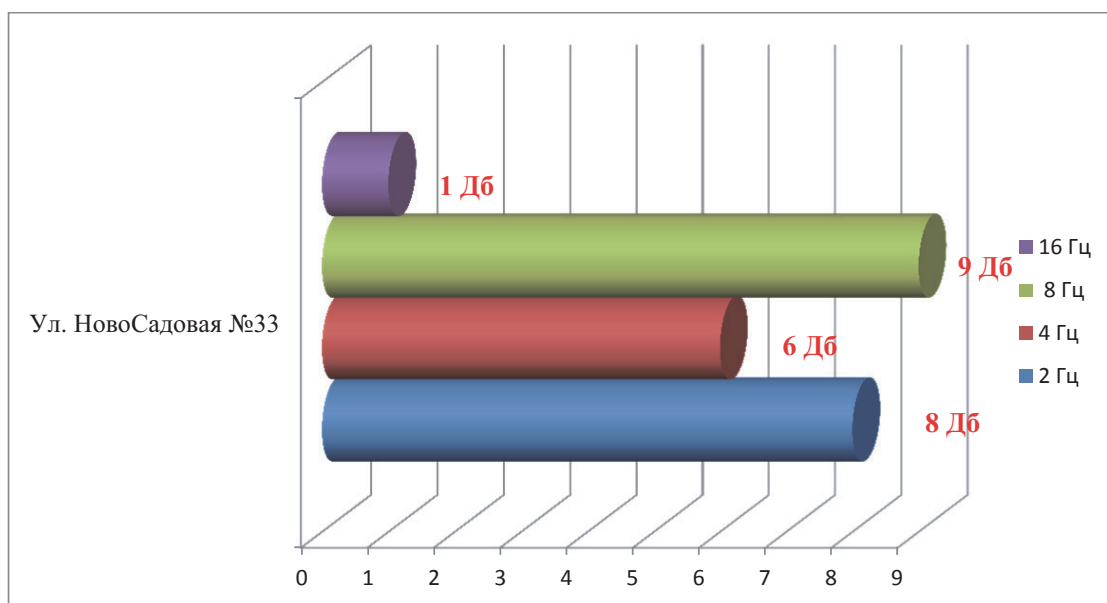


**Рисунок 3** – Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Промышленном районе городского округа Самара

В Промышленном районе: улица Солнечная дом №8. Превышения установлены на частоте 2 Гц – на 1 дБ, на частоте 4 Гц – на 3 дБ, на частоте 8 Гц – на 3 дБ, на частоте 16 Гц – на 7 дБ. Ул. Ново-Вокзальная дом №162 измерения на частоте 2 Гц – на 2 дБ, на частоте 8 Гц – на 13 дБ, на частоте 16 Гц – на 10 дБ. Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Промышленном

районе городского округа Самара представлена на рисунке 3.

В Октябрьском районе: ул. Ново-Садовая, дом №33, превышения на частоте 2 Гц – на 8 дБ, на частоте 4 Гц – на 6 дБ, на частоте 8 Гц – на 9 дБ, на частоте 16 Гц – на 1 дБ. Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Октябрьском районе городского округа Самара представлена на рисунке 4.



**Рисунок 4** – Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Октябрьском районе городского округа Самара

В Ленинском районе: ул. Самарская, дом №270 измерения на частоте 2 Гц – на 8 дБ, на частоте 4 Гц – на 4 дБ, на частоте 8 Гц – на 2 дБ, на частоте 16 Гц – на 1 дБ. Данный жилой дом расположен на пересечении ул. Полевой и ул. Самарской. По ул. Полевой проходят интенсивный поток автомобильного транспорта, а также машин и трамвайная линия, что обуславливает высокие значения инфразвука на частоте 2 Гц. Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Ленинском районе городского округа Самара представлена на рисунке 5.

В Самарском районе превышение выявлено по ул. Куйбышева, дом №131 на частоте 2 Гц – на 9 дБ, на частоте 4 Гц – на 8 дБ, на частоте 8 Гц – на 6 дБ, на частоте 16 Гц – на 1 дБ; ул. Некрасовская, дом №77 измерения на частоте 2 Гц – на 5 дБ, на частоте 4 Гц – на 5 дБ, на частоте 8 Гц – на 5 дБ, на частоте 16 Гц – на 1 дБ; ул. Куйбышева, дом №106 на частоте 2 Гц – на 8 дБ, на частоте 4 Гц – на 6 дБ, на частоте 8 Гц – на 5 дБ, на частоте 16 Гц – на 1 дБ; ул. Куйбышева, дом №81 на частоте 2 Гц – на 6 дБ, на частоте 4 Гц – на 5 дБ, на частоте 8 Гц – на 4 дБ, на частоте 16 Гц – на 1 дБ. Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Самарском районе городского округа Самара представлена на рисунке 6.

В Железнодорожном районе превышения значений инфразвука выявлены по ул. Мориса Тореза, дом №31, превышения на частоте 2 Гц – на 5 дБ, на частоте 4 Гц – на 5 дБ, на частоте 8

Гц – на 9 дБ, на частоте 16 Гц – на 2 дБ, а также по ул. Партизанской, дом №140, измерения на частоте 2 Гц – на 5 дБ, на частоте 4 Гц – на 5 дБ, на частоте 8 Гц – на 3 дБ, на частоте 16 Гц – на 2 дБ. Следует отметить, что жилые дома расположены не на центральных улицах города Самары. Трамвайная линия отсутствует. Дома расположены на расстоянии 300-350 метров от дороги. Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Железнодорожном районе городского округа Самара представлена на рисунке 7.

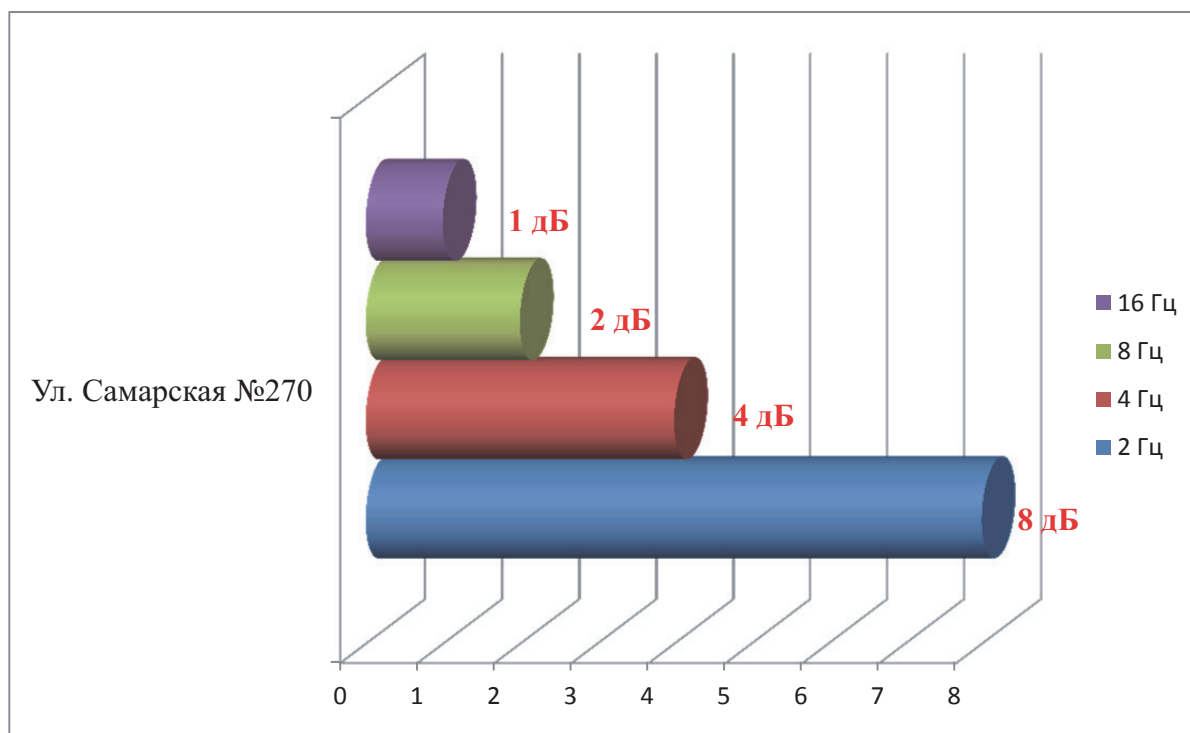
В Красноглинском район: селитебная территория п. Красная Глинка, Нижний пер., дом №2 измерения на частоте 2 Гц – на 5 дБ, на частоте 4 Гц – на 5 дБ, на частоте 8 Гц – на 3 дБ, на частоте 16 Гц – на 2 дБ;

Управленческий городок, ул. Солдатская, дом №11 измерения на частоте 2 Гц – на 4 дБ, на частоте 4 Гц – на 3 дБ, на частоте 8 Гц – на 2 дБ, на частоте 16 Гц – на 2 дБ;

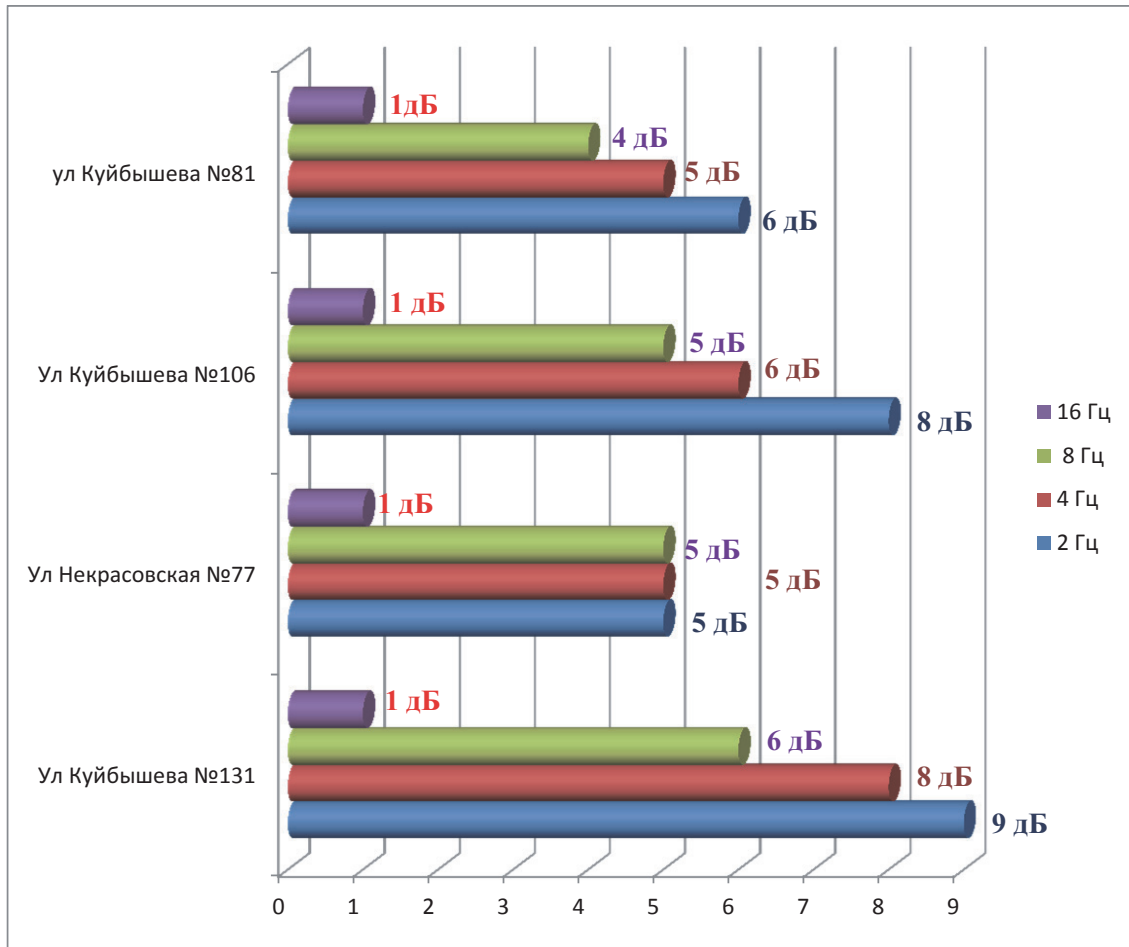
Управленческий городок, ул. Раздельная, дом №25 (на частоте 2 Гц – на 4 дБ, на частоте 4 Гц – на 4 дБ, на частоте 8 Гц – на 3 дБ, на частоте 16 Гц – на 4 дБ;

п. Южный, ул. Вторая Южная, дом №7 измерения на частоте 2 Гц – на 4 дБ, на частоте 4 Гц – на 4 дБ, на частоте 8 Гц – на 3 дБ, на частоте 16 Гц – на 4 дБ.

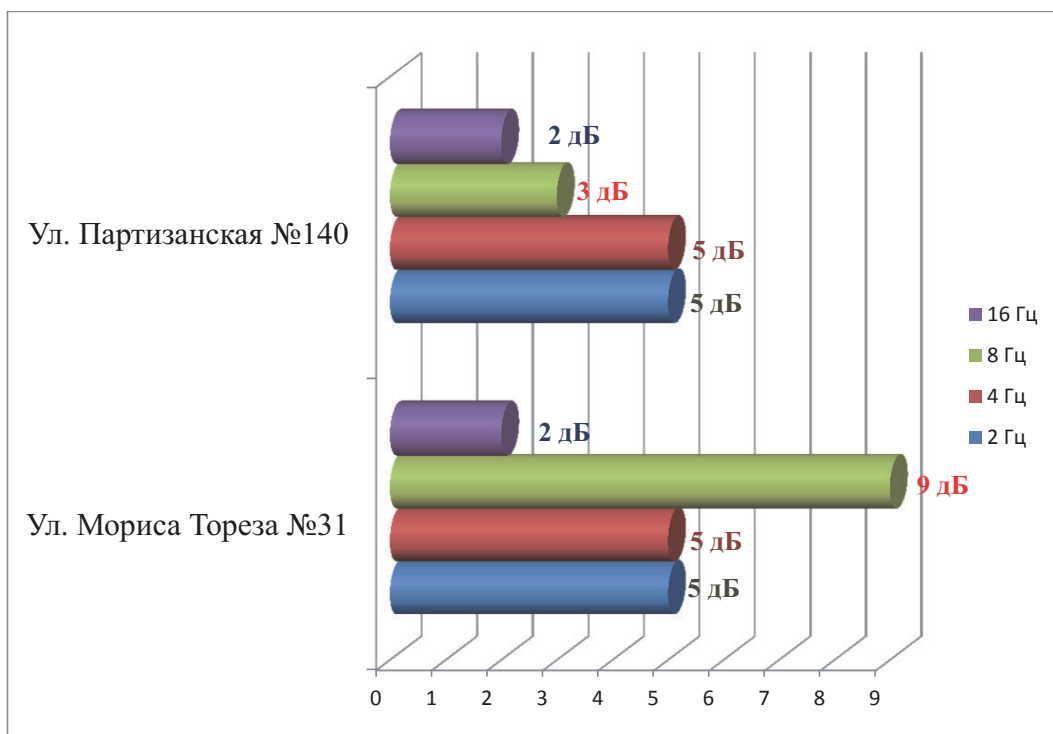
Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Красноглинском районе городского округа Самара представлена на рисунке 8.



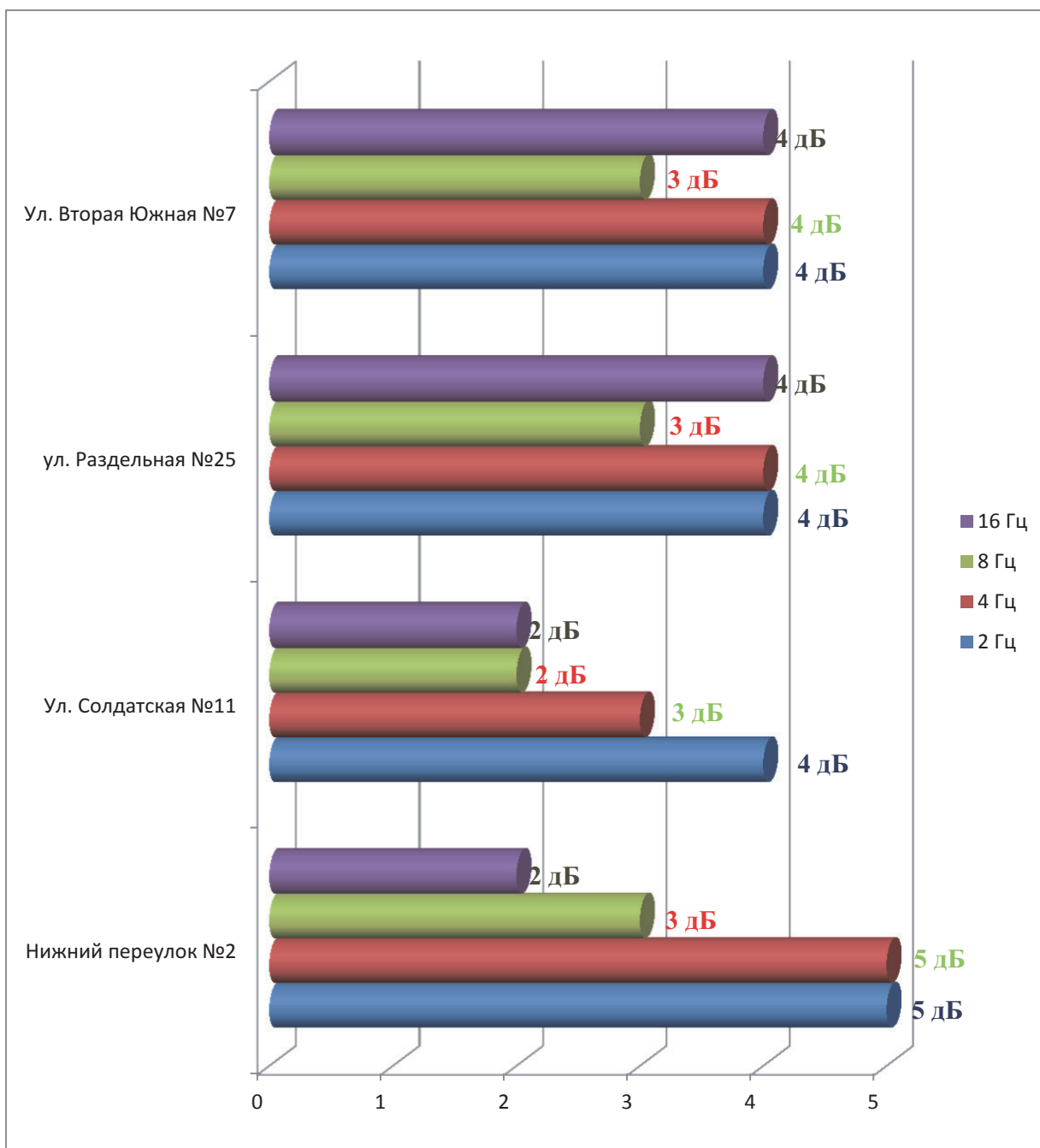
**Рисунок 5** – Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Ленинском районе городского округа Самара



**Рисунок 6** – Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Самарском районе городского округа Самара



**Рисунок 7** – Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Железнодорожном районе городского округа Самара



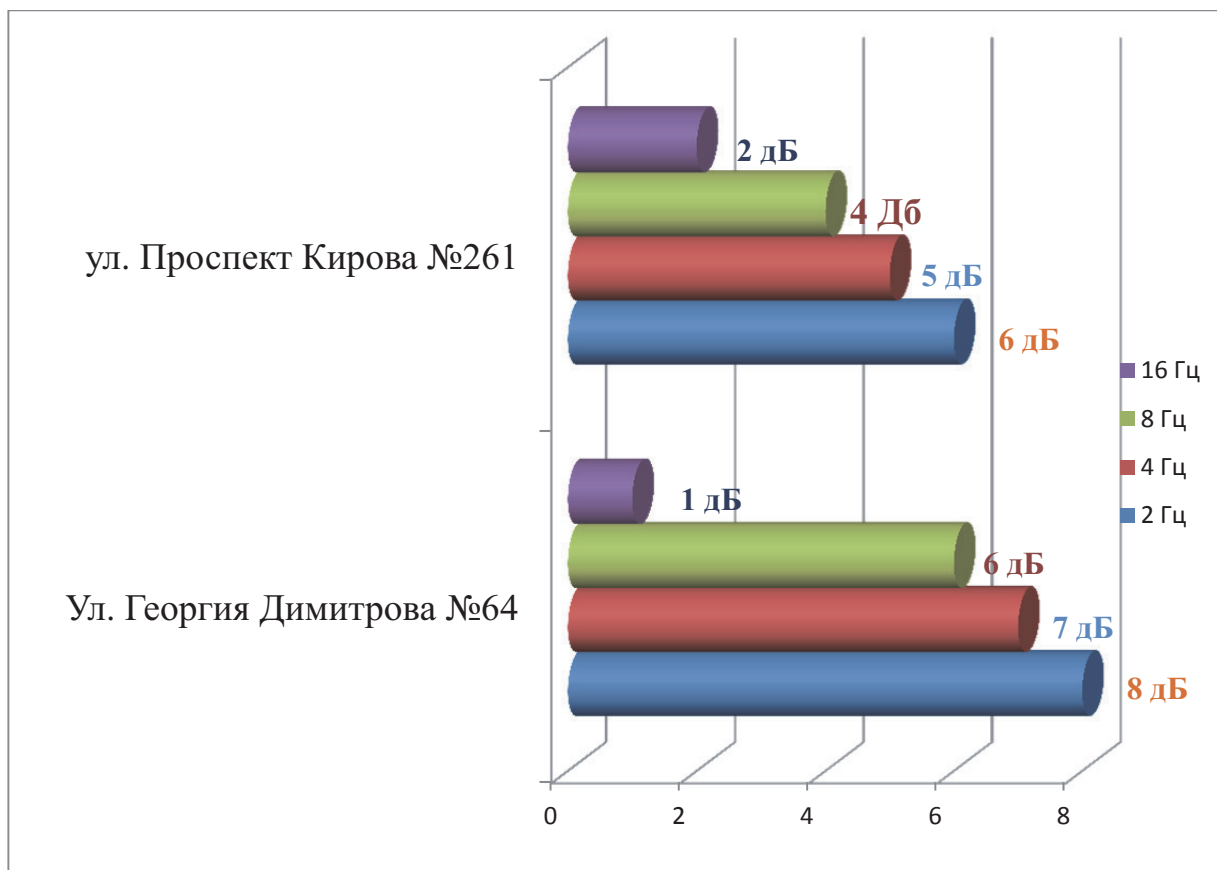
**Рисунок 8** – Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Красноглинском районе городского округа Самара

В Кировском районе выявлены превышения инфразвука по ул. Георгия Димитрова, дом 64 на частоте 2 Гц – на 8 дБ, на частоте 4 Гц – на 7 дБ, на частоте 8 Гц – на 6 дБ, на частоте 16 Гц – на 1 дБ, а также по пр. Кирова, дом 261 на частоте 2 Гц – на 6 дБ, на частоте 4 Гц – на 5 дБ, на частоте 8 Гц – на 4 дБ, на частоте 16 Гц – на 2 дБ). Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Кировском районе городского округа Самара представлена на рис. 9. Следует отметить, что обследованные жилые дома удалены от дороги в среднем на 300 - 350 метров. Рядом с улицей Георгия Димитро-

ва и Проспектом Кирова расположена главная автомагистраль города - Московское шоссе, интенсивно загруженное автотранспортом.

В других обследованных точках измеренные значения уровней инфразвука соответствуют санитарно-гигиеническим нормативным требованиям, но для определенного количества точек измеренные значения чрезвычайно близки к максимально допустимому.

В зависимости от расположения домов относительно трамвайных линий можно наблюдать картину увеличения или же снижения инфразвуковой нагрузки на частоте 2 Гц.



**Рисунок 9** – Диаграмма превышения нормативных значений инфразвука в октавных полосах частот в Кировском районе городского округа Самара

### 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты анализа полученных в результате измерений значений инфразвука позволяют сделать общее заключение: в ряде зон измерений на территории городского округа Самара наблюдается превышение санитарно-гигиенических норм по инфразвуку.

Необходимо разработать и внедрить мероприятия по снижению негативного воздействия инфразвука в условиях территории жилой застройки городского округа Самара. Также необходимы разработка и принятие новых нормативных и законодательных документов по инфразвуку.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеева Н.А., Васильев А.В., Шишкин В.А., Пимкин В.В.* Мониторинг акустического загрязнения на территории Самарской области и методы его снижения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2007. № 5. С. 11-14.
2. *Васильев А.В.* Экологический мониторинг физических загрязнений на территории Самарской области. Снижение воздействия источников загрязнений: монография. Самара, 2009.
3. *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.
4. *Васильев А.В.* Шумовая безопасность урбанизированных территорий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1. С. 299-305.
5. *Васильев А.В.* Анализ шумовых характеристик селитебной территории г. Тольятти // Экология и промышленность России. 2005. № 4. С. 20-23.
6. *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. 1. № 3. С. 72-78.
7. *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.
8. *Гагарин С.А., Рожихин Н.С.* Особенности излучения инфразвука и низкочастотных колебаний от трансформаторных подстанций города Ижевска // Вестник Удмуртского университета, серия «Биология. Науки о земле». 2017. Т. 27. Вып. 4. С. 437-444.
9. *Зинкин В.М., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Драган С.П.* Актуальные проблемы защиты населения от низкочастотного шума и инфразвука // Техно-



- логии гражданской безопасности. 2015. Т. 12. № 1(43). С. 90-96.
10. Иванов Н.И., Никифоров А.С. Основы виброакустики: Учебник для вузов. СПб.: Политехника, 2000. 482 с.
11. Luzzi S., Vasilyev A.V. Noise mapping and action planning in the Italian and Russian experience. 8th European Conference on Noise Control 2009, EURONOISE 2009 – Proceedings of the Institute of Acoustics 2009.
12. Vasilyev A.V., Sannikov V.A., Tyurina N.V. Experience of estimation and reduction of noise and vibration of industrial enterprises of Russia // Journal "Akustika", Czech Republic, Volume 32, March 2019, pp. 247-250.

## ANALYSIS OF INFRASOUND RADIATION IN LIVING TERRITORY OF CITY DISTRICT SAMARA

© 2020 A.V. Vasilyev

Institute of Ecology of Volga Basin of Russian Academy of Science –  
Branch of Samara Federal Research Center of Russian Academy of Science, Togliatti, Russia

The questions of negative impact of infrasound in conditions of urban territory of city district Samara are considered. Analysis of sources of infrasound radiation have been carried out. Peculiarities of the negative impact of infrasound are considered. Results of measurements of infrasound are allowing to conclude that there is exist exceeding of normative values of infrasound in a number of zones of living territory of city district Samara. It is necessary to develop and to implement the measures for reduction of negative impact of infrasound.

*Key words:* infrasound, living territory, source, measurement.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-5-60-68