DOI 10.15593/2409-5125/2018.03.03
УДК 628.547.2

Д.Н. Кошурников, Е.В. Максимова

Федеральный научный центр медико-профилактических
технологий управления рисками здоровью населения

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНОЙ И ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ ШУМОВОГО КАРТИРОВАНИЯ (NOISE MAPPING) В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

Современные возможности программно-аппаратных комплексов, методических документов и набора исходных данных позволяют в полной мере оценить акустическое воздействие на территории путем создания и ведения шумовых карт. Существующие подходы позволяют в оперативном режиме получить актуализированную шумовую характеристику территории и сделать прогноз развития ситуации на ближайшую, а при наличии данных – и на отдаленную перспективу.

Зарубежный опыт шумового картирования задает основные тенденции к порядку проведения акустических расчетов и отображению зон акустического дискомфорта в условиях плотной городской застройки. Разработка шумовых карт подкреплена рядом нормативных документов, регулирующих вопросы создания и ведения оперативных карт шума.

Отечественная практика акустического картирования отталкивается от практических задач, связанных с оценкой шумового фактора в рамках расследований, исследований и экспертиз. В крупных городах России шумовые карты уже разработаны и используются. Основной проблемой картирования было и остается формирование механизма получения исходной информации, что обусловлено отсутствием нормативно-методической базы по выявлению, сбору и анализу источников шума. Кроме того, важным остается вопрос актуализации разработанных карт шума в связи с высокой скоростью изменения количественного и качественного состава транспорта и используемого оборудования.

Несомненно, перспективной остается оценка шумового фактора с изменением высотности плотной городской застройки с последующей разработкой природоохранных мероприятий по снижению уровней шума до гигиенических нормативов как на территории жилой застройки, так и внутри помещений на различной высоте. Соблюдение гигиенических нормативов позволит обеспечить санитарно-эпидемиологическое благополучие городского населения.

Ключевые слова: шумовая карта, 3D-моделирование, геоинформационные системы.

Кошурников Д.Н., Максимова Е.В. Обзор зарубежной и отечественной практики шумового картирования (Noise Mapping) в условиях плотной городской застройки // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 3. – С. 27–43. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.03.03

Koshurnikov D.N., Maksimova E.V. Review of foreign and domestic practices of noise mapping in dense urban areas. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2018. No. 3. Pp. 27-43. DOI: 10.15593/2409-5125/2018.03.03

В условиях современного уплотнения городской застройки распространение звуковых волн приобретает новую модель распределения шума с учетом множественных отражений и формированием дополнительных зон акустического дискомфорта. Безусловно, городской шум носит преимущественно транспортный характер, включающий автомобильный, авиационный и железнодорожный, а также различных промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Шумовое загрязнение городской территории автомобильным транспортом (до 80–90 %) представлено колоссальным количеством источников шума в виде участков УДС и значительной протяженностью автомобильных дорог [1]. Весомый вклад в шумовую картину города вносят железнодорожный и авиационный транспорт (до 10 и 3 % соответственно) [2].

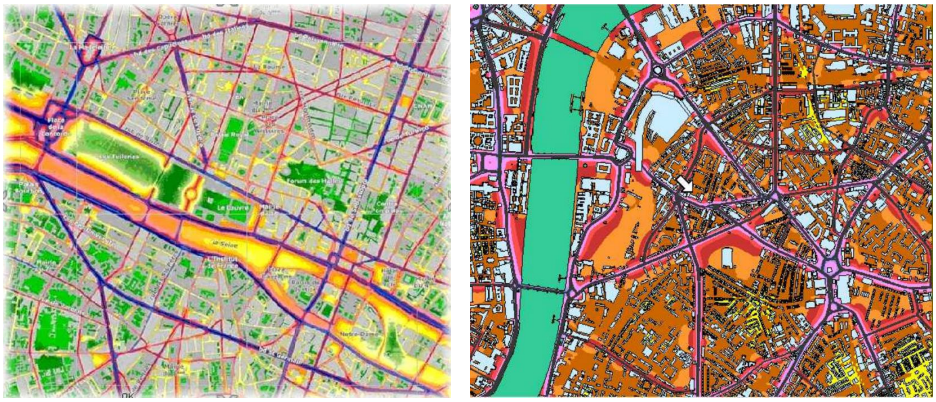
Вместе с тем часто данных о реальных уровнях шумовой нагрузки на население недостаточно, что не позволяет оценить масштабы территории воздействия и численности экспонируемого населения.

В настоящее время наиболее оптимальным и информативным материалом для решения задач установления повышенного акустического воздействия и численности экспонируемого населения, в том числе с нарушением здоровья, является использование карт шума [3]. Шумовые карты крупных городов или их отдельных районов являются стратегическими документами градостроительного планирования, с учетом которых разрабатывается раздел оценки воздействия на окружающую среду в проектах строительства или реконструкции транспортных магистралей, промышленных предприятий. Карта шума территории разрабатывается на этапе составления генерального плана территории и обновляется раз в 5 лет. Карта шума района, городской магистрали или промышленного предприятия составляется также в составе проектных работ по объекту.

Разработанные карты шума позволяют определять неблагоприятные в отношении шумового режима территории или отдельные участки, осуществлять выбор наиболее целесообразных, эффективных и экономичных методов и средств снижения транспортного шума, предлагать рациональные с точки зрения защиты от шума варианты размещения жилых зданий, общественных зданий с повышенными требованиями к акустическому комфорту, а также зон отдыха на примагистральных территориях города [4].

Согласно Директиве [3], зарубежные подходы по оценке уровней шума подкреплены нормативной базой по созданию карт шума, согласно которой разработанные карты должны содержать информацию о существующей (действующей) или прогнозируемой акустической ситуации, превышении гигиенических нормативов по шуму, численности населения, подвергающе-

гося повышенным уровням шума, а также о числе нормируемых объектов в зонах акустического дискомфорта (жилые дома, больницы, школы и др.) на рассматриваемой территории. Страны-члены ЕС обязаны создавать шумовые карты в своих наиболее крупных городах, около главных транспортных узлов и в промышленных районах. Так, для большинства крупных городов (например, Париж, Лондон, Берлин и др.) стран-членов ЕС (рис. 1) разработаны и поддерживаются карты шума в качестве инструмента для оперативного управления качеством окружающей среды.



а *б*

Рис. 1. Фрагменты шумовой карты: *а* – Париж; *б* – Лондон

В *Чехии* шумовая карта для Праги выполнена для дневного и ночного (рис. 2) времени суток по основным источникам шума в 2007 г.

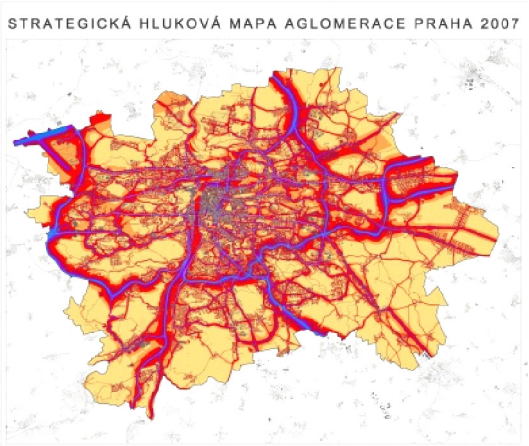


Рис. 2. Портал интерактивной шумовой карты г. Прага
в дневное время

В *Германии*, уровень шума в жилых домах Берлина, а также в столичных школах и больницах, замеряется в течение последних пяти лет Управлением Сената по развитию города и окружающей среды (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt). Уличное автомобильное движение, воздушный и железнодорожный транспорт, промышленные шумы, например от электростанций, – все это основные источники звукового загрязнения Берлина. На базе собранной информации создана интерактивная шумовая карта, которая построена с учетом объектов капитального строительства, где отображены два показателя: уровни шума в дневное и ночное время. Для каждого отдельного здания жилой территории определены контрольные точки по периметру здания, в которых установлены уровни шумовой экспозиции с выделением вклада отдельных видов источников транспортного шума (рис. 3) [5]. На основании собранных данных Управление Сената по развитию города разрабатывает план мероприятий по оперативному контролю шумовой обстановки города.

Рис. 3. Фрагмент интерактивной шумовой карты г. Берлин
с указанием долевых вкладов отдельных видов транспорта

В *Китае* спроектирована первая карта шума г. Пекин (рис. 4) в 2008 г. для автомобильного транспорта только для дневного периода времени. Эти карты представляет собой «прямоугольник», на котором распределение шумового загрязнения различного географического расположения представлено разноцветными изогипсами, сетками и квадратиками, чтобы с первого взгляда складывалось представление о степени шумового загрязнения в различных районах города. На карте представлена легенда для отнесения формируемых уровней по зонированию территории. По мнению экспертов, проектирование карты шума предоставляет научную основу для принятия решений в области городского планирования, развития транспорта, осуществления контроля над шумовым загрязнением и др. [6].

Рис. 4. Портал интерактивной шумовой карты г. Пекин

Таким образом, краткий зарубежный опыт шумового картирования показывает, что существующие подходы по оценке и анализу акустической ситуации на территориях крупных городов и поселений варьируются от комплексного шумового картирования до локальной оценки уровней шума в конкретных задачах. Установление шумовой экспозиции является ключевым и определяющим этапом при анализе и интерпретации результатов акустических оценок в виде возможных рисков нарушений здоровья населения, проживающего под воздействием городского шума.

Инструменты и методы. В настоящее время для построения карт шума широкое применение получило использование специальных компьютерных программ для расчета акустического распространения и построения шумовых карт. Наиболее известны и применяемы программы SoundPLan, ExNoise, «Эколог-Шум», Predictor, в которых использованы методики векторного вычисления уровней шума в расчетной точке [7–9]. При этом формируемая и используемая модель застройки территории может быть подготовлена с использованием ГИС-технологий, что обеспечивает точность взаимного расположения источников воздействия, объектов капитального строительства (зданий, сооружений и т.д.), а также при необходимости задавать триангуляционную карту высот.

Использование программных продуктов можно свести к двум общим подходам:

1) экстраполяции результатов натурных съемок для формирования более полной картины шумового распространения и создания прогнозных моделей распространения шума спустя определенное количество времени или в результате реконструкции инженерных сооружений, в том числе автомаги-

стралей. Значительным препятствием при использовании компьютерных моделей является отсутствие комплексных ГИС-моделей города, а процесс создания такой модели, например для примагистральной территории, является чрезвычайно трудоемким для одной лишь задачи построения карты шума;

2) автоматизации учета дифракционной составляющей акустического распространения, как вносящей серьезный вклад в картину распространения звуковых волн. При решении отдельных задач целесообразным может быть использование карты высот для расчета возможной дифракционной составляющей в вертикальной плоскости. По аналогичному сценарию может производиться оценка эффективности использования шумозащитных экранов.

Для определения требуемого снижения уровней шума на основе сопоставления ожидаемых уровней шума с допустимыми уровнями шума согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 строится карта превышений ПДУ. С помощью данной карты определяются требования к шумозащитным мероприятиям. Эффективность шумозащитных мероприятий оценивается проверочным акустическим расчетом на нормируемой территории.

Для построения и отображения шумовой карты используются геоинформационные системы (ГИС). Основой ГИС является система сбора информации об уровнях шума, классификации объектов и параметрах рассматриваемой территории. Использование классификаторов позволяет сформировать системы баз данных для накопления информации об объектах исследования, а система сбора информации позволяет наполнить эти базы данными, отображающими состояния шумового загрязнения сложившейся застройки, промышленной зоны, и дать оценку распространения шумовых полей в планируемых градостроительных решениях.

Существующие отечественные подходы по шумовому картированию ни на шаг не уступают зарубежному опыту, формируя масштабные зоны оценки акустического состояния, выделения зон акустического дискомфорта и построения трехмерных моделей для задач оценки возможных нарушений здоровья городского населения.

В 2006 г. *в Санкт-Петербурге* впервые за всю историю города была проведена работа по разработке карты шума и зонированию территории по фактору шума с учетом всех существующих источников. Для оценки существующей шумовой нагрузки проведено более тысячи инструментальных измерений уровней шума по всей территории города. При помощи экспериментов и расчетов была произведена оценка шумовых характеристик автотранспортных, рельсовых, водных и промышленных источников шума. Впервые в нашей стране для построения карты шума была использована известная во всем мире программа SoundPLAN, специально адаптированная разработчиками под отечественную нормативно-техническую базу. В каче-

стве исходных данных для построения карты шума применялись результаты инструментальных измерений шума автотранспорта и стационарных источников. Всего было выполнено 1375 измерений.

Уровни шума железнодорожного транспорта, электротранспорта и водного транспорта рассчитывались при помощи стандартизированных методик. При построении общей карты шума в расчет принимались все виды источников. При этом территория города разбивалась по сетке с шагом 50 м. Всего в расчете принимало участие 775 280 расчетных точек. После определения уровней шума в расчетных точках точки с равными уровнями звука соединялись изолиниями, в результате чего были получены линии равного уровня звука на территории города с шагом в 5 дБА, что соответствует условиям нормирования шума. Для каждой нормируемой территории были установлены ПДУ и определено превышение ПДУ, в результате чего получены границы зон, на которых соблюдаются нормативные уровни. Фрагмент карты шума г. Санкт-Петербург представлен на рис. 5 [10].

Рис. 5. Фрагмент шумовой карты
г. Санкт-Петербург

Калибровка карт производилась при помощи замеров уровней шума на территории городской застройки. Выборочное сравнение расчетных характеристик с показателями натурных шумовых замеров на ряде магистралей дали хорошую сходимость результатов расчетов с фактическими измерениями уровней шума (среднеквадратичное отклонение не более 1,5–2 дБА). Следовательно, подход к картированию шума и расчетные методики, использованные при разработке карты шума Санкт-Петербурга, с достаточной достоверностью отражают акустическую ситуацию и могут использоваться при составлении карт шума и расчетах ожидаемой шум-

ности в других городах страны. В ходе разработки карты шума было установлено, что эквивалентные уровни шума на территории города за последние 35 лет снизились на 8 дБА. Это объясняется выполненными за последние десятилетия шумозащитными мероприятиями по снижению шума в источнике: модернизацией техники, обновлением автопарка, применением малошумных машин и механизмов западного производства. Однако почти треть нормируемых по шуму территорий имеют уровни выше предельно допустимых [10].

В *г. Барнаул* для оценки экологической обстановки и мониторинга шумовых полей был использован комплексный подход с применением ГИС. На территории города проводились измерения в разное время суток, на перекрестках, внутри кварталов, в промышленной зоне, с последующим отслеживанием суточной динамики изменения звукового давления. Для хранения данных инструментальных измерений была создана система управления базами данных (СУБД) на основе программного продукта Microsoft Access.

ГИС «Шумовая карта г. Барнаул», связанная с базой данных инструментальных измерений и использующая эти данные для проведения расчетов, позволяет проводить анализ акустической ситуации на примагистральных территориях и внутри жилых кварталов. Предложенная разработчиками ГИС позволяет рассчитывать равные уровни шума, формируя зоны акустического комфорта и дискомфорта, а также уровни шума на различных расстояниях от источников шума.

Было учтено влияние на акустическую обстановку возрастания автотранспортного потока в часы пик. Данные по количеству автотранспорта заносились в расчетный блок ГИС, туда же заносились точки измерения уровней шума с пространственной привязкой. После этого производился расчет уровней шума, и производилось сравнение полученных расчетным путем значений уровней шума с санитарными нормами [11].

По результатам установлено, что используемая ГИС позволяет проводить мероприятия по снижению уровней шума, формировать перечень проектируемых шумозащитных мероприятий, оценивать и вычислять уровни шума после проведения шумозащитных мероприятий, определяя их эффективность. Дополнительно, данная система позволяет провести оптимизацию источников шумового загрязнения путем ограничения скорости транспортного потока, изменения доли грузового транспорта в суммарном потоке в определенное время суток.

В *г. Томск* выполнялось шумовое моделирование на примагистральной территории с использованием разработанного авторами эксперимен-

тального программного пакета NoiseTracer. В качестве исходной модели местности была использована векторная 2D-модель примагистральной территории, полученная при оцифровке топографических карт.

Результатом работы расчетной программы является карта уровней шумового загрязнения выбранной территории, фрагмент которой представлен на рис. 6.

Рис. 6. Фрагмент шумовой карты г. Томска

При сравнении полученных результатов расчета и сформированной карты шума с результатами измерения показало, что погрешность составляет от 0,1 до 3,0 дБА, а в среднем отклонение между расчетными и измеренными значениями шума составляет 1,083 дБА. Таким образом, видна достаточно высокая точность результатов акустического моделирования территории в достаточно сложной градостроительной ситуации.

Анализ результатов расчета программы NoiseTracer показал, что шаг сетки в 1 м и шаг между точечными источниками в 10 м более чем достаточны для получения адекватной картины распространения шума в условиях плотной застройки. При этом добавление вторичных источников третьего и более порядков часто не приводит к каким-либо значительным изменениям итоговых результатов [12].

В качестве основных инструментов пространственного моделирования в *г. Тюмень* использовались географические информационные системы. Первоначально исследование выполнялось средствами универсальной ArcGIS (для получения предварительной оценки акустической ситуации). В качестве инструмента интерполяции для построения поверхностей использовался метод естественного соседства, согласно которому оценка для любой ячейки поверхности определяется и рассчитывается с использованием триангуляции Делоне. Затем проводилось уточнение распреде-

ления шумового воздействия при помощи специализированной программы SoundPLAN (с учетом зданий, зеленых насаждений, линейного характера источников шума и т.д.). Практически все основные автомагистрали в центре являются источниками повышенного шумового воздействия (превышения более 55 дБА в дневное время) [13].

Для построения шумовой карты в *г. Белгород* использовалась программа АРМ «Акустика» версии 2.4. Для создания пространственной схемы расположения объектов расчета в исследуемом участке использовались пространственные 3D-модели района, полученные с использованием геоинформационной системы 2GIS.

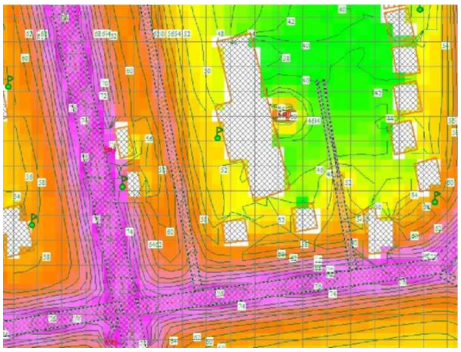


Рис. 7. Фрагмент модели шумовой обстановки района г. Белгород

В начале построения шумовой карты получена карта микрорайона и создана сетка координат в программе АРМ «Акустика». С помощью программы АРМ «Акустика» была построена шумовая карта территории микрорайона (рис. 8) [14].

Для построения шумовых карт в *г. Архангельск* использовалась программа «Эколог-Шум», разработанная фирмой «Интеграл», а в *г. Улан-Удэ* программа АРМ-Акустика, разработанная фирмой ООО «Техно-проект». По результатам натурных наблюдений были сформированы электронные базы данных в форматах соответствующих программных продуктов.

Для получения полей шумового загрязнения, создаваемого автотранспортными потоками, движущимися по основным автомагистралям городов, были выполнены акустические расчеты по расчетным площадкам, охватывающим территории центральной части городов и основные автомагистрали, выбранные для наблюдений. Результаты акустического расчета представлены на рис. 8.

В г. Архангельск эквивалентные уровни звука вблизи первого эшелона жилых зданий, расположенных на улице с наблюдаемой максимальной интенсивностью движения в 2340 авт./ч, превышены на 11–18 дБА (здания расположены на расстоянии 12–18 м от оси первой полосы движения) для дневного времени суток, согласно установленным санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562–96, для территории, непосредственно прилегающей к жилым домам.

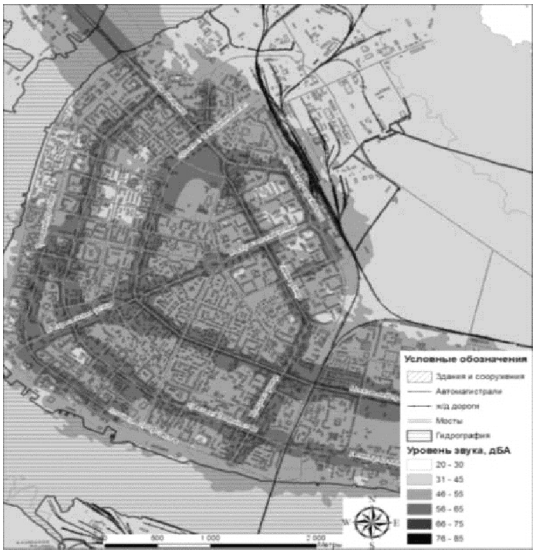


Рис. 8. Поле шумового загрязнения, создаваемого автотранспортными потоками г. Архангельск

Для района расположения автодороги г. Архангельска с минимальной интенсивностью движения в 390 авт./ч, для жилых зданий первого эшелона характерны превышения эквивалентных уровней звука на 2–12 дБА (расположение зданий – 18–30 м от оси первой полосы движения).

Для оценки уровней шума в *г. Улан-Удэ* были выбраны центральные автодороги с плотной застройкой вдоль дорог и интенсивностью движения, близкой к интенсивности в г. Архангельск. В г. Улан-Удэ эквивалентные уровни звука вблизи первого эшелона жилых зданий, расположенных на улице с интенсивностью движения около 3350 авт./ч, превышены на 15–25 дБА (здания расположены на расстоянии 15–30 м от оси первой полосы движения), для улицы с интенсивностью движения 440 авт./ч, для жилых зданий первого эшелона характерны превышения эквивалентных уровней звука на 14–17 дБА (расположение зданий – 17 м от оси первой полосы движения) для дневного времени суток, согласно установленным санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.562–96, для территории, непосредственно прилегающей к жилым домам [15].

В *г. Ростове-на-Дону* в среде ArcGIS была создана электронная карта плотности шумового загрязнения. Непосредственному проведению замеров предшествовал выбор пунктов измерения. Поскольку доминирующим источником шума на территории города является транспорт, то большая часть пунктов измерений была привязана к автомагистралям.

С помощью программы ArcGIS 10.1 была построена карта основных источников шума, выделенных на территории Ростова-на-Дону, с нанесением пунктов измерения. Результаты эксперимента представлены в виде карты плотности шумового загрязнения на территории города (рис. 9).

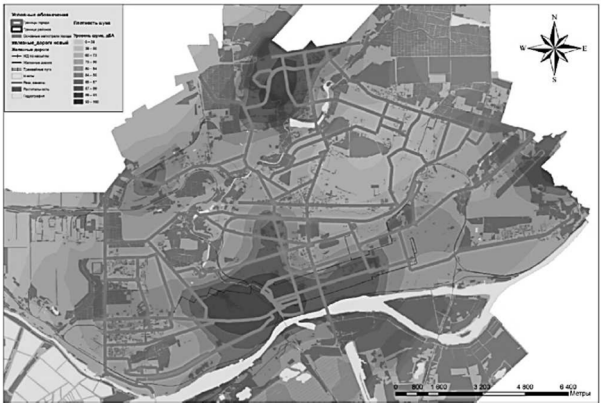
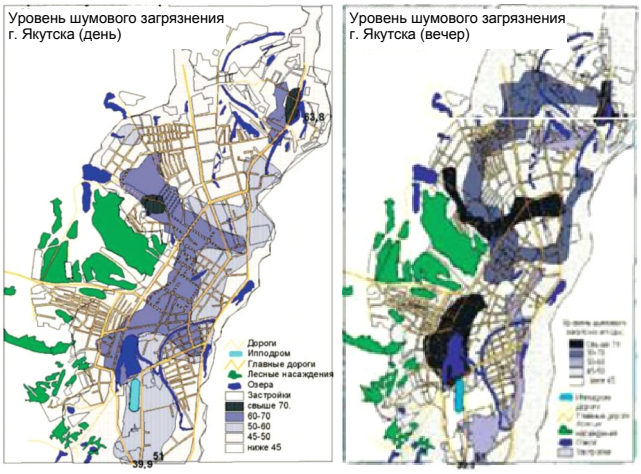


Рис. 9. Шумовая карта г. Ростов-на-Дону

В соответствии с результатами натурных измерений шумовая характеристика транспортного потока в среднем составляет 85–90 дБА. Превышение уровня шума на селитебной территории в сравнении с нормируемыми показателями составляет 15–20 дБА [16].

В *г. Якутск* с помощью программы ArcView была построена карта основных источников шума с нанесением пунктов измерения (рис. 10) [17].



а *б*

Рис. 10. Фрагменты шумовой карты г. Якутск: *а* – день; *б* – вечер

В *г. Пермь* построение карт шума проводилось по такому же алгоритму, как и в других городах России. На начальном этапе с применением ArcGIS была подготовлена основа в виде электронного слоя объектов капитального строительства с заданными параметрами высотности зданий и сооружений, а в отдельных случаях, и с указанием материала облицовки наружных стен. Дополнительно, для учета взаимного расположения и ситуационного моделирования были использованы электронные слои автомобильных дорог, зеленых насаждений, промышленных зон и др.

База по основным источникам шума городской среды была представлена данными об источниках шума автомобильного транспорта в виде участков УДС и источников промышленных предприятий в программном комплексе «Эколог-Шум» 2.3. В данном программном продукте были выполнены акустические расчеты по заданным расчетным площадкам на различных высотах для задач построения объемной (трехмерной) картины акустического распространения.

Сформированный массив акустических результатов был преобразован и отображен ArcGIS с использованием приложения ArcScene. Фрагмент 3D-модели результатов акустических расчетов на территории г. Перми с учетом объектов экранирования и их высотной отметки представлен на рис. 11. При отображении результатов в объемном (3D) виде была задана градация (шкала) результатов акустических расчетов в соответствии с действующими ПДУ для селитебной территории [18].

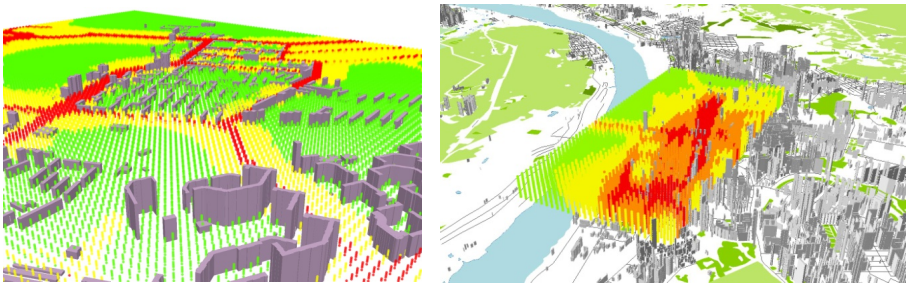


Рис. 11. Фрагмент 3D-модели результатов акустических расчетов г. Пермь

В целом рассмотренные принципы сбора данных, построения моделей и отображения полученных результатов в отдельных городах имеют схожий порядок и устанавливают общий механизм акустической оценки.

Проведенный обзор и анализ существующих подходов шумового картирования позволил акцентировать внимание и обосновать необходимость дальнейшего использования карт шума. Разработка шумовых карт по-прежнему носит стратегический характер и направлена в большей сте-

пени на решение крупных задач на региональном и муниципальном уровне по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения. В отдельных случаях акустическая оценка приобретает локальный характер, связанный с проведением расследований, исследований и экспертиз экспозиции шума и влияния на здоровье городского населения. Однако каждое проведенное исследование позволяет накапливать опыт и техническую базу для проведения комплексных оценок городской территории, подверженных шумовому загрязнению, в том числе формирующих общегородской (фоновый) уровень шума, характеризующий общую экспозицию городского населения.

Полученные результаты шумового картирования позволяют провести комплексный анализ территории без применения дополнительных исследований, с минимальными затратами сил, средств и рассмотреть возможность внедрения шумозащитных мероприятий на территориях акустического дискомфорта.

Актуальной является оценка вертикального распространения шума, связанная с уплотнением городской застройки и ростом высотности городского центра, в случаях невозможности территориального расширения [19].

Рассмотренные методические подходы по шумовому картированию будут и в дальнейшем способствовать принятию обоснованных управленческих решений по размещению новых объектов, развитию территорий и градостроительному планированию, исключая нарушения санитарно-эпидемиологического законодательства.

Библиографический список

1. Кошурников Д.Н., Май И.В., Вековшинина С.А. Учет автотранспортного шума на этапе формирования шумовой карты города // Защита населения от повышенного шумового воздействия: сб. докл. III Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – СПб., 2011. – С. 448–453.

2. Иванов Н.И. Концепция снижения шума в РФ // Защита от повышенного шума и вибрации: докл. V Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. Н.И. Иванова. – СПб.: Айсинг, 2015. – С. 12–24.

3. Директива 2002/49/ЕС Европейского парламента и Совета от 25 июня 2002 года относительно оценки и контроля шума окружающей среды [Электронный ресурс]. – URL: http://base.garant.ru/71148134/ (дата обращения: 23.04.2018).

4. Петрова Ю.Ю., Соломонова А.Р., Овсяников К.С. Методы акустических измерений и составление карт шума городов // Избранные доклады 61-й университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Томск, 2015. – С. 600–604.

5. Lärmkarte Berlin 2018**.** So laut ist es vor Ihrer Haustür // Berliner Morgenpost. – URL: https://interaktiv.morgenpost.de/laermkarte-berlin/?_ga=2.113372484.2107197884.1523610229-1358286926.1523610229 (accessed 23 April 2018).

6. Первая карта шума Пекина похожа на абстрактную картину [Электронный ресурс] // Жэньминь Жибао: газета. – URL: http://russian.people.com.cn/31516/6765727.html (дата обращения: 23.04.2018).

7. Буторина М.В. Контроль и снижение шума железнодорожного транспорта // Строительная физика в XXI веке: материалы науч.-техн. конф. / под ред. И.Л. Шубина. – М.: Изд-во НИИСФ РААСН, 2006. – С.348–352.

8. Любительский В.В. Анализ акустического режима городских территорий с использованием компьютерного моделирования // Строительная физика в XXI веке: материалы науч.-техн. конф. / под ред. И.Л. Шубина. – М.: Изд-во НИИСФ РААСН, 2006. – С. 353–355.

9. Шубин И.Л., Цукерников И.Е., Тихомиров Л.А. Опыт применения программного обеспечения Predictor при создании шумовой карты жилого района города Москвы // Проблемы и пути развития энергосбережения и защиты от шума в строительстве и ЖКХ: материалы XV междунар. науч.-практ. конф. / под ред. И.Л. Шубина. – М.: Изд-во НИИСФ РААСН, 2011. – С. 166–170.

10. Буторина М.В. Концепция и разработка карт шума городов и населенных пунктов // Защита населения от повышенного шумового воздействия: сб. докл. II Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. Н.И. Иванова. – СПб.: ИННОВА, 2014. – С. 117–140.

11. Суторихин И.А., Литвиненко С.А. Шумовой мониторинг городской среды (на примере г. Барнаула) // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2010. – № 5. – С. 85–90.

12. Овсянников С.Н., Овсянников М.С. Автоматизированный расчет и построение цифровых карт акустического загрязнения примагистральных территорий городов // Вестник ТГАСУ. – 2011. – № 3. – С. 108–115.

13. Добрякова В.А., Колесов А.А. Исследование шумового загрязнения г. Тюмени с применением ГИС // Вестник ТюмГУ. – 2015. – Т. 1, № 3(3). – С. 268–273.

14. Литовка А.А. Оценка и мониторинг шумовой обстановки в отдельных районах г. Белгорода // Образование, наука, производство: материалы VII междунар. молод. форума. – Белгород, 2015. – С. 375–380.

15. О возможностях использования данных комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха для разработки шумовых карт города / М.В. Волкодаева, А.В. Левкин, К.В. Демина, А.В. Соловьев // Защита от повышенного шума и вибрации: докл. V Всерос. науч.-практ. конф. / под ред. Н.И. Иванов. – СПб.: Айсинг, 2015. – С. 263–267.

16. Хамавова А.А., Псеунова С.Р. Акустический комфорт как компонент городской среды // Известия Ростовского государственного строительного университета. – 2015. – Т. 2, № 20. – С. 8–14.

17. Спиридонова И.М., Саввинова А.Н. Создание карты шумового загрязнения г. Якутска // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 8. – С. 67–68.

18. Совершенствование методических подходов к оценке хронической экспозиции к городскому шуму и электромагнитному излучению ПРТО с учетом пространственно-временных характеристик факторов / Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.В. Клейн, С.Ю. Балашов, С.А. Вековшинина [и др.]; ВНИТЦ. – М., 2017. – 230 с.

19. Разработка методических подходов к оценке хронической шумовой экспозиции на основе сопряжения расчетных и натурных данных / Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.В. Клейн, С.А. Вековшинина, С.Ю. Балашов [и др.]; ВНИТЦ. – М., 2015. – 120 с.

References

1. Koshurnikov D.N., Maj I.V., Vekovshinina S.A. Uchet avtotransportnogo shuma na jetape formirovanija shumovoj karty goroda [Vehicle noise recording on a stage of a city noise map shaping]. *Zashhita naselenija ot povyshennogo shumovogo vozdejstvija: sbornik dokladov III Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*, 2011, pp. 448–453.

2. Ivanov N. I. Kontseptsiya snizheniya shuma v RF [The concept of noise reduction in Russia]. *Zashchita ot povyshennogo shuma i vibracii: doklady V vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, Sankt-Peterburg, 18-20 marta 2015 g.* Ed. N.I. Ivanov. Saint Petersburg, Aising Publ., 2015, pp. 12–24.

3. Direktiva 2002/49/ES Evropeiskogo Parlamenta i Soveta ot 25 iyunya 2002 goda otnositel'no otsenki i kontrolya shuma okruzhayushchei sredy [Directive 2002/49/EC of the european parliament and of the council of 25 june 2002 relating to the assessment and management of environmental noise], available at: http://docs.cntd.ru/document/902264722 (accessed: 23.04.2018).

4. Petrova Yu.Yu., Solomonova A.R., Ovsyanikov K.S. Metody akusticheskikh izmerenii i sostavlenie kart shuma gorodov [Methods of acoustic measuraments and noise mapping of cities]. *Izbrannye doklady 61-i universitetskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh,* 2015, pp. 600–604.

5. Lärmkarte Berlin 2018. So laut ist es vor Ihrer Haustür. *Berliner Morgenpost*, available at: https://interaktiv.morgenpost.de/laermkarte-berlin/?_ga=2.113372484.2107197884.1523610229-1358286926.1523610229 (accessed: 23 April 2018).

6. Pervaya karta shuma Pekina pokhozha na abstraktnuyu kartinu [The first map of Beijing noise is similar to an abstract painting]. *Zhen'min' Zhibao: gazeta*, available at: http://russian.people.com.cn/31516/6765727.html (accessed: 23 April 2018).

7. Butorina M.V. Kontrol' i snizhenie shuma zheleznodorozhnogo transporta [Control and noise reduction of railway transport]. *Stroitel'naya fizika XXI veke: materialy nauchno-tekhnicheskoi konferentsii*. Ed. I.L. Shubina. Moscow: NIISF RAASN Publ., 2006, pp. 348–352.

8. Lyubitel'skii V.V. Analiz akusticheskogo rezhima gorodskikh territorii s ispol'zovaniem komp'yuternogo modelirovaniya [Analysis of acoustic modes in urban areas using computer simulation]. *Stroitel'naya fizika XXI veke: materialy nauchno-tekhnicheskoi konferentsii*. Ed. I.L. Shubina. Moscow: NIISF RAASN Publ., 2006, pp. 353–355.

9. Shubin I.L., Tsukernikov I.E., Tikhomirov L.A. Opyt primeneniya programmnogo obespecheniya Predictor pri sozdanii shumovoi karty zhilogo raiona goroda Moskvy [Experience in applying the Predictor software when creating a noise map of the residential area of the city of Moscow]. *Problemy i puti razvitiya energosberezheniya i zashchity ot shuma v stroitel'stve i ZhKKh: materialy XY mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii.* Ed. I. L. Shubina. Moscow: NIISF RAASN Publ., 2011, pp. 166–170.

10. Butorina M.V. Kontseptsiya i razrabotka kart shuma gorodov i naselennykh punktov [The concept and development of noise maps of cities and settlements]. *Zashchita naseleniya ot povyshennogo shumovogo vozdeistviya: sbornik dokladov II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, Sankt-Peterburg, 17–19 marta 2009 g*. Ed.N.I. Ivanova. Saint Petersburg: INNOVA Publ., 2014, pp. 117–140.

11. Sutorikhin I.A., Litvinenko S.A. Shumovoi monitoring gorodskoi sredy (na primere g. Barnaula) [Noise monitoring of city environment (on an example of Barnaul city)]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychainykh situatsii*, 2010, № 5, pp. 85–90.

12. Ovsyannikov S.N., Ovsyannikov M.S. Avtomatizirovannyi raschet i postroenie tsifrovykh kart akusticheskogo zagryazneniya primagistral'nykh territorii gorodov [Automated calculation and construction of digital noise maps of close-to-arterial roads territories of the cities]. *Vestnik TGASU*, 2011, no. 3, pp. 108–115.

13. Dobryakova V.A., Kolesov A.A. Issledovanie shumovogo zagryazneniya g. Tyumeni s primeneniem GIS [Study of noise pollution of Tyumen city with application of GIS]. *Vestnik TyumGU,* 2015, vol. 1, no. 3(3), pp. 268–273.

14. Litovka A.A. Otsenka i monitoring shumovoi obstanovki v otdel'nykh raionakh g. Belgoroda [Evaluation and monitoring of noise in some areas of Belgorod]. *Obrazovanie, nauka, proizvodstvo: VII mezhdunarodnyi molodezhnyi forum, Belgorod, 20–22 oktyabrya 2015 g*. Belgorod, 2015, pp. 375–380.

15. Volkodaeva M.V., Levkin A.V., Demina K.V., Solov'ev A.V. O vozmozhnostyakh ispol'zovaniya dannykh kompleksnoi otsenki zagryazneniya atmosfernogo vozdukha dlya razrabotki shumovykh kart goroda [About the possibilities of the use of data for the integrated assessment of air pollution to develop noise maps of the city]. *Zashchita ot povyshennogo shuma i vibratsii: doklady V vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Sankt-Peterburg, 18–20 marta 2015 g*. Ed. N.I. Ivanov. Sankt-Peterburg: Aising Publ., 2015. pp. 263–267.

16. Khamavova A.A., Pseunova S.R. Akusticheskii komfort kak komponent gorodskoi sredy [Acoustic comfort as a component city environment]. *Izvestiya Rostovskogo Gosudarstvennogo Stroitel'nogo Universiteta*, 2015, vol. 2, no 20, pp. 8–14.

17. Spiridonova I.M. Savvinova A.N. Sozdanie karty shumovogo zagryazneniya g. Yakutska [Creation of noise pollution map of Yakutsk] *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2011, no, 8, pp. 67–68.

18. Zaitseva N.V., Mai I.V., Klein S.V., Balashov S.Yu., Vekovshinina S.A. [et al.] Sovershenstvovanie metodicheskikh podkhodov k otsenke khronicheskoi ekspozitsii k gorodskomu shumu i elektromagnitnomu izlucheniyu PRTO s uchetom prostranstvenno-vremennykh kharakteristik faktorov [Improvement of methodological approaches to the assessment of chronic exposure to urban noise and electromagnetic radiation of the PRTO (transmitting radio engineering objects), taking into account the spatial and temporal characteristics of the factors]. Moscow: VNITTs. Publ., 2017, 230 p.

19. Zaitseva N.V., Mai I.V., Klein S.V., Vekovshinina S.A., Balashov S.Yu. [et al.] Razrabotka metodicheskikh podkhodov k otsenke khronicheskoi shumovoi ekspozitsii na osnove sopryazheniya raschetnykh i naturnykh dannykh [Development of methodical approaches to estimating chronic noise exposure based on pairing of settlement and field data]. Moscow: VNITTs. Publ., 2015, 120 p.

Получено 10.05.2018

D. Koshurnikov, E. Maksimova

REVIEW OF FOREIGN AND DOMESTIC PRACTICES OF NOISE MAPPING IN DENSE URBAN AREAS

Modern software and hardware opportunities, methodical documentation and available set of source data allow fulfilling complete evaluation of acoustic impact on a territory using noise maps.

Foreign experience of noise mapping sets key trends for conducting acoustic calculations and displaying the zones of acoustic discomfort in dense urban areas. Domestic practice of acoustic mapping starts from the practical problems related to the assessment of the noise factor in the framework of the investigations, studies and expertise. In large Russian cities noise maps have been already developed and are being used. The main problem of noise mapping has been the creation of a mechanism for obtaining source data caused by the lack of normative-methodic base for identification, collection and analysis of noise sources. The problem of actualization of noise maps remains relevant due to the high speed of change of the quantitative and qualitative composition of transport and equipment used.

Undoubtedly, the noise assessment factor remains promising with changing of altitude range in dense urban areas, followed by the development of environmental measures to reduce noise levels up to hygiene standards. Compliance with hygiene regulations will allow the provision of the sanitary-epidemiological well-being of urban populations.

Keywords: noise map, 3D-modeling, geoinformation systems.

Кошурников Дмитрий Николаевич (Пермь, Россия) – старший научный сотрудник отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга, Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения (614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82, e-mail: kdn@fcrisk.ru).

Максимова Екатерина Вадимовна (Пермь, Россия) – инженер отдела системных методов санитарно-гигиенического анализа и мониторинга, Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения (614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82, e-mail: maksimova@fcrisk.ru).

Koshurnikov Dmitrii (Perm, Russian Federation) – Senior research fellow of the Department of the system methods for sanitary analysis and monitoring, FBSI «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies» (614045, Perm, Monastyrskaya str., 82, e-mail: kdn@fcrisk.ru).

Maksimova Ekaterina (Perm, Russian Federation) – Engineer of the Department of the system methods for sanitary analysis and monitoring, FBSI «Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies» (614045, Perm, Monastyrskaya str., 82, e-mail: maksimova@fcrisk.ru).