

УДК 504.054, 504:064.3

РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИК РАЗДЕЛЬНОГО И СОЧЕТАННОГО МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

© 2013 А.В. Васильев, В.В. Заболотских

Тольяттинский государственный университет, Тольятти

Поступила в редакцию 16.09.2013.

Обсуждаются проблемы мониторинга физических загрязнений урбанизированных территорий. Предлагаются новые методики мониторинга, позволяющие учитывать не только раздельное, но и сочетанное воздействие физических загрязнений окружающей среды. Описываются результаты апробации предложенных методик мониторинга физических загрязнений урбанизированных территорий на примере Самарской области.

Ключевые слова: мониторинг, физические загрязнения, оценка, урбанизированная территория

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время развитие человеческой цивилизации, особенно в условиях крупных промышленных городов, отличается значительным ростом антропогенной (прежде всего техногенной) нагрузки на окружающую среду и человека [2, 3, 8]. При этом, несмотря на постоянный рост негативного воздействия, проблеме воздействия физических (акустических, электромагнитных, инфразвуковых, вибрационных, ионизирующих, тепловых и др.) загрязнений в условиях урбанизированных территории всё ещё уделяется неслаженно малое внимание [2, 3, 5, 7]. Серьезную проблему представляет как отдельное, так и сочетанное воздействие физических загрязнений. Для своевременного принятия мер по их снижению необходимо осуществление качественного контроля и прогнозирования уровня отдельных физических загрязнений и их сочетанного воздействия. Поэтому обеспечение раздельного и сочетанного экологического мониторинга физических загрязнений является актуальной задачей.

Проведение исследований в области мониторинга физических загрязнений урбанизированных территорий предполагает решение целого ряда задач, в том числе:

- определение наиболее опасных зон урбанизированной территории по воздействию физических загрязнений;
- отработка методики проведения натурных измерений физических загрязнений на основе действующих нормативных документов;
- натурные измерения акустических, инфразвуковых, вибрационных, электромагнитных и ионизирующих излучений в условиях урбанизированных территорий на основе существующих и

новых методик (в том числе на основе зарубежных требований);

- обработка экспериментальных данных и выдача заключения о соответствии нормативным требованиям;
- построение карт физических загрязнений;
- оценка сочетанного воздействия физических загрязнений;
- разработка методик интегрированной оценки физических загрязнений;
- разработка мероприятий по снижению воздействия физических загрязнений.

В статье описаны особенности и результаты проведенных под руководством авторов исследований в области мониторинга физических загрязнений (на примере Самарской области).

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

В настоящее время наметилась новая тенденция в области экологической безопасности, когда прежняя концепция экологической безопасности, которая основывалась на критериях ограничения содержания вредных веществ (ПДК, ПДВ, ПДС), уступает место концепции экологического риска. Согласно этой концепции, полностью устранить отрицательное воздействие проектируемого объекта на экосистемы и здоровье населения невозможно. Поэтому принятие оптимального (с точки зрения охраны природы) решения означает экономически и социально обоснованную минимизацию указанного отрицательного воздействия.

Необходимость развития стратегии управления рисками предполагает проведение разностороннего мониторинга антропогенных загрязнений городов, где особую роль будет играть комплексный мониторинг. В связи с этим авторами был проведен анализ перспективных направлений комплексного мониторинга, которые позволят

Васильев Андрей Витальевич, доктор технических, профессор, ecology@tltsu.ru; *Заболотских Влада Валентиновна*, кандидат биологических наук, доцент, V.Zabolotskikh@tltsu.ru

наиболее эффективно обеспечивать экологическую безопасность в современных городах.

Проведение комплексного мониторинга в современной системе обеспечения экологической безопасности основывается на новых подходах и тенденциях. Например, комплексная оценка экологических рисков от химических загрязняющих веществ, предполагает необходимость учитывать возможность кумуляции загрязняющих веществ, т. е. постепенное накопление в экосистеме или в организме человека какого-либо вредного вещества, вызывающее его заболевание и даже гибель, а также повреждение экосистемы. Другой эффект - суммация, сложение малых количеств различных вредных веществ. Такие количества веществ сами по себе, в отдельности могут и не представлять угрозы для здоровья или экосистемы, но в сумме они становятся опасными вследствие взаимного усиления эффектов (синергетического действия).

Очевидно, что человек может подвергаться воздействию не одного, а сразу нескольких загрязняющих веществ. Известно при этом, что совместное действие последних может вызывать следующие эффекты воздействия на организм человека: независимое, интегральное, антагонистическое и синергетическое (эффект, превышающий суммирование), а также изменение характера действия (например, проявление канцерогенных свойств).

Следует подчеркнуть, что указанные эффекты относятся к совокупному воздействию химических веществ, физических факторов (излучений и т. п.), климатических условий, стрессовых воздействий и т. д. Так, например, безвредные для кроликов концентрации нитритов становятся опасными на фоне повышенного, но также допустимого, уровня радиации. Совместное воздействие этих факторов вызывает у животных канцерогенный эффект, хотя раздельное не приводит к каким-либо негативным последствиям.

Физические загрязнения окружающей среды (акустические, электромагнитные, инфразвуковые, вибрационные, ионизирующих и других полей) всё более интенсивно воздействуют на человека и биосферу. В настоящее время воздействию повышенных уровней шума подвергается каждый второй житель планеты. Эквивалентные уровни звука в таких городах как Париж, Рим, Нью-Йорк, Мехико, Москва, достигают 75-80 дБА. При этом городской шум имеет тенденцию к росту. Уровень шума в городах возрастает ежегодно в среднем на 0,5-1,0 дБА в год [4, 5]. Не менее опасно воздействие электромагнитных, инфразвуковых, вибрационных, ионизирующих и других полей. Так, ряд зарубежных и отечественных исследований показывает, что заболеваемость лейкозом и раком детей и взрослых, проживающих вблизи ЛЭП и радиопередатчиков, в

несколько раз выше средней [6]. Широко известна опасность воздействия ионизирующих излучений на человека и окружающую среду. При повышенных уровнях воздействий нарушаются эндокринно-обменные процессы и состав крови. Могут появиться головные боли, повышение или понижение давления, изменение проводимости в сердечной мышце, нервно-психические расстройства, быстрое развитие утомления. Возможны трофические нарушения. Наблюдаются изменения возбудимости обонятельного, зрительного и вестибулярного анализаторов. В тяжелых случаях возникает лучевая болезнь. В целом воздействие повышенных источников ионизирующих излучений может привести к возникновению тяжких последствий для здоровья человека и состояния окружающей среды в целом.

Наиболее достоверную информацию об уровне физических загрязнений селитебной территории (шума, вибрации, инфразвука, электромагнитных полей различного частотного диапазона, ионизирующих излучений, тепловых излучений и др.) можно получить путем проведения их натуральных измерений. Методика проведения натуральных измерений и их оценки определяется соответствующими нормативными документами. При этом следует учитывать специфику каждого из физических загрязнений [3].

При сочетанном воздействии физических загрязнений их опасность может резко возрастать. Между тем ни в России, ни за рубежом пока не имеется нормативных документов, позволяющих осуществлять полноценный учет сочетанных физических воздействий. Таким образом, для своевременного принятия мер по снижению необходимо осуществление качественного мониторинга уровня отдельных физических загрязнений и их сочетанного воздействия.

В целом мониторинг физических загрязнений урбанизированных территорий является комплексным процессом, стоящим из ряда этапов, в том числе:

- отработка методики проведения натуральных измерений физических полей на основе действующих нормативных документов;
- натурные измерения акустических, инфразвуковых, вибрационных, электромагнитных и ионизирующих излучений в условиях урбанизированных территорий на основе российских и зарубежных методик;
- обработка экспериментальных данных и выдача заключения о соответствии нормативным требованиям;
- построение карт физических загрязнений;
- оценка сочетанного воздействия физических загрязнений;
- разработка методик интегрированной оценки физических загрязнений и др.

В настоящей статье обсуждаются результаты анализа особенностей раздельного и сочетанного мониторинга физических загрязнений урбанизированных территорий на примере Самарской области.

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА ФИЗИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

За период с 2001 по 2013 гг. с участием авторов проведено более 100 000 натурных измерений физических загрязнений урбанизированных территорий Самарской области. Получены значения уровней различных физических загрязнений (шума, инфразвука, электромагнитных полей диапазонов промышленных и радиочастот, объемной активности радона в воздухе, амбиентного эквивалента дозы гамма-излучений и др.). Сделан ряд важных выводов по характеру распределения физических загрязнений и опасным зонам на территории Самарской области. Ниже рассмотрены некоторые результаты измерений.

Анализ внешних источников шума на территории наиболее крупных городских округов Самарской области (Самара, Тольятти, Сызрань, Жигулевск) и особенностей их воздействия на селитебную территорию показывают, что основную долю при воздействии на жилые массивы создают шум транспортных потоков, шум промышленных предприятий и внутриквартальные источники шума. При этом наиболее акустически неблагоприятными являются жилые массивы, примыкающие к транспортным магистралям [3, 4].

Измерения шума проводились как в дневное, так и в ночное время. Измеренные уровни шума оценивались в соответствии с гигиеническими требованиями СН 2.2.4/2.1.8.562-96, согласно которым нормируемыми параметрами для постоянного шума являются эквивалентные уровни звука $L_{A\text{ экв}}$ и максимальные уровни звука $L_{A\text{ макс}}$, дБА, а также по другим нормативным документам.

Исследования шума на территории Самарской области показали, что уровень шума на территории области в целом возрастает на 0,5 дБА в год (а в некоторых зонах и больше). Особенно негативная ситуация складывается с воздействием шума в ночное время: результаты измерений в ночное время в большинстве измеренных точек превышали нормативные значения.

Измерения уровней инфразвука и оценка результатов измерений проводились в соответствии с требованиями СН 2.2.4./2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки». На территории Самарской области было проведено более 500 измерений уровней звукового давления инфразвука и низкочастотного звука в октавной и третьоктавной полосах частот в более чем 150 точках. Результаты измерений показали, что в ряде точек превышаются как эквивалентные, так и спектральные нормативные значения. Так, на территории городского округа Самара превышение нормативных значений по уровню звукового давления инфразвука в октавной и третьоктавной полосах частот выявлено в точках измерений №7, Промышленный район, селитебная территория микрорайона Солнечный-2 (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), №8, Промышленный район, ул. Нововокзальная, дом №162 (на частоте 2 Гц – на 2 дБ, на частоте 8 Гц – на 13 дБ), №17, Октябрьский район, ул. Ново-Садовая, дом №33 (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), №19, Ленинский район, ул. Самарская, дом №270 (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), №22, Самарский район, 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); №23, и др. Пример представления спектральных характеристик уровней инфразвука для точки №17 показан на рис. 1.

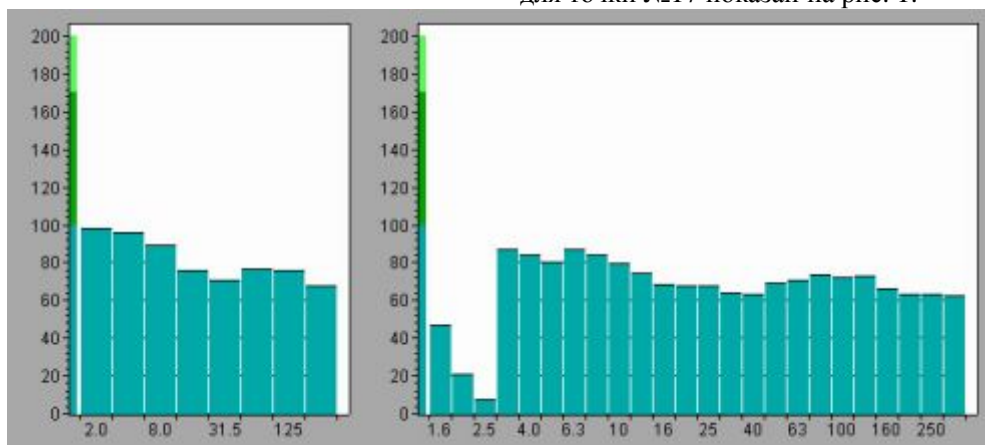


Рис. 1. Спектральные характеристики уровней инфразвука для точки №17, Октябрьский район, ул. Ново-Садовая, дом №33 (октавный и третьоктавный диапазоны)

При обследовании уровней электромагнитных полей на территории Самарской области были проведены измерения для диапазона промышленной частоты (электрическая составляющая E , кВ/м и магнитная составляющая H , А/м) и измерения электромагнитных полей радиочастотного диапазона (электрическая составляющая E , кВ/м, магнитная составляющая H , А/м и плотность потока энергии ППЭ, мкВт/см²). Особое внимание при исследованиях обращалось на места провисания проводов воздушных ЛЭП, где уровень излучения существенно возрастает. Полученные в результате измерений значения напряженностей переменного электрического и магнитного полей промышленной частоты оценивались в соответствии с гигиеническими требованиями, установленными действующими санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.2.000-2000.

На территории городского округа Жигулевск было проведено более 50 измерений напряженностей электрического и магнитного полей промышленной частоты в более чем 25 точках. Анализ результатов измерений показал, что превышения нормативных значений наблюдаются для точки измерений №12, район плотины Жигулевской ГЭС ($E = 1,150$ кВ/м), точки измерений №13, район плотины Жигулевской ГЭС, поворот на п-ов Копылова ($E = 1,275$ кВ/м), точки измерений №14, район плотины Жигулевской ГЭС, пересечение с ЛЭП в 500 метрах от поста ГИБДД в сторону г. Жигулевска ($E = 1,275$ кВ/м).

Анализ результатов измерений напряженностей магнитного поля промышленной частоты на обследуемой территории городского округа Жигулевск показал, что превышения нормативных значений не выявлено ни в одной из точек измерений. Максимально зарегистрированный уровень напряженности магнитного поля промышленной частоты наблюдался в точках измерений №12, район плотины Жигулевской ГЭС ($H = 1,375$ А/м), точки измерений №13, район плотины Жигулевской ГЭС, поворот на п-ов Копылова ($H = 1,495$ А/м), точки измерений №14, район плотины Жигулевской ГЭС, пересечение с ЛЭП в 500 метрах от поста ГИБДД в сторону г. Жигулевска ($H = 1,495$ А/м), что ниже предельно допустимых значений согласно санитарно-гигиенических требований, но значительно выше фоновых значений.

При обследовании уровней электромагнитных полей в селитебной территории г. Тольятти были проведены измерения для диапазона промышленной частоты (электрическая составляющая E , кВ/м и магнитная составляющая H , А/м) и измерения электромагнитных полей радиочастотного диапазона (электрическая составляющая E , кВ/м, магнитная составляющая H , А/м и плотность потока энергии ППЭ, мкВт/см²).

Для измерения характеристик электромагнитных полей промышленной частоты (электрической и магнитной составляющей), возбуждаемых вблизи электроустановок высокого напряжения (в частности, линий электропередач), использовался измеритель напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 в комплекте с антеннами ЕЗ-50 и НЗ-50. Для измерения напряженностей электрического и магнитного полей, а также плотности потока энергии радиочастотного диапазона использовался измеритель напряженности поля малогабаритный микропроцессорный ИПМ-101М в комплекте с антеннами Е01 и Н01. Полученные в результате измерений значения напряженности переменных электрических и магнитных полей и плотности потока энергии в диапазоне радиочастот оценивались в соответствии с гигиеническими требованиями, установленными действующими санитарными правилами и нормами СанПиН 2.1.2.000-2000.

Результаты измерений напряженностей переменных электрического и магнитного полей промышленной частоты в селитебной территории Комсомольского района г. Тольятти и их соответствия гигиеническим требованиям показывают, что наибольшие значения напряженности переменного электрического поля наблюдались при измерениях под линией электропередач. Результаты сопоставления измеренных значений для каждой из точек (с нормативными требованиями позволяют заключить, что превышение нормативов по электрической составляющей наблюдается по ул. Есенина, Плотина ГЭС (пересечение с ЛЭП, 300 м от поста ГАИ в сторону Тольятти) и др.

Если электромагнитный фон в жилой зоне Комсомольского района в основном соответствует нормативно-гигиеническим требованиям, то ситуация в Шлюзовом районе менее благополучна: напряженность как электрического, так и магнитного полей в некоторых точках жилых кварталов выше предельно-допустимых значений. При этом отмечена неравномерность пространственного распределения обеих составляющих ЭМП.

Результаты измерений напряженностей переменных электрического и магнитного полей промышленной частоты в селитебной территории Центрального района г. Тольятти и их соответствия гигиеническим требованиям позволяют сделать вывод, что превышения нормативов не выявлено. Однако в некоторых точках в проекциях ЛЭП наблюдается повышенное значение напряженности переменного электрического поля:

1. Ул. Мичурина (ост. «Ул. Индустриальная» - проекция ЛЭП), точка К-77, $|E| = 0,730$ кВ/м (значительное превышение фонового значения);
2. Ул. Ларина (район кольцевой развязки - проекция ЛЭП), точка К-80, $|E| = 0,110$ кВ/м;

3. Ул. Лесная (кольцо магазина «Автолюбитель», проекция ЛЭП), точка К-32, $|E| = 0,100$ кВ/м;

4. Ул. Мира (кольцо ул. Мира - ул. Комсомольская - ул. Индустриальная, проекция ЛЭП), точка К-33, $|E| = 0,075$ кВ/м.

Результаты измерений напряженности переменного электрического поля в диапазоне радиочастот в селитебной территории Центрального района г. Тольятти, а также плотности потока энергии (ППЭ, мкВт/см²) и их соответствия гигиеническим требованиям превышения нормативных значений напряженностей переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона на территории г. Тольятти не выявлено, однако значительное превышение фоновых значений наблюдалось в точке №6 по ул. Мира, 65 (в районе «Лада ТВ»). Превышение нормативных значений плотности потока энергии согласно СанПиН 2.1.2.000-2000 выявлено в точке №6 по ул. Мира, 65 (в районе «Лада ТВ»).

Как показывает сопоставление измеренных значений напряженности переменного электрического поля промышленной частоты с нормативными требованиями, превышений нормативных гигиенических требований в селитебной зоне Автозаводского района не выявлено. Однако в точке №35 по ул. Борковской (район подстанции ВАЗа) в проекции ЛЭП наблюдается повышенное значение напряженности переменного электрического поля (значительное превышение фоновых значений), $|E| = 0,150$ кВ/м.

Были также проведены измерения напряженности переменного электрического поля и плотности потока энергии в диапазоне радиочастот в селитебной территории Автозаводского района городского округа Тольятти. Незначительное превышение нормативных значений напряженностей переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона на территории Автозаводского района городского округа Тольятти выявлено по Московскому проспекту, 21, в районе Дома связи, где имеется передающая антенна: точка №30 – в диапазонах 100 МГц и 200 МГц значения напряженностей переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона соответственно составляют 3,27 и 3,02 В/м (при норме 3,0 В/м), точка 31- в диапазоне 100 МГц значение напряженности переменного электромагнитного поля составляет 3,01 В/м. Вблизи передающей антенны наблюдается также значительное превышение фоновых значений напряженностей переменных электромагнитных полей радиочастотного диапазона.

В других точках измерений плотности потока энергии на территории Автозаводского района городского округа Тольятти превышения гигиенических норм по плотности потока энергии не выявлено.

Для оценки уровней ионизирующего излучения по мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения и амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения использовался дозиметр гамма-излучения ДКГ-07Д "Дрозд". На территории городского округа Сызрань было проведено более 100 измерений мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в более чем 30 точках. При проведении измерений соблюдались все необходимые требования. Анализ результатов измерений на обследуемой территории Самарской области показал, что превышения нормативных значений не выявлено ни в одной из точек измерений. Однако были выявлены зоны с повышенным фоновым значением ионизирующих излучений. Так, на территории городского округа Сызрань максимально зарегистрированный уровень мощности амбиентного эквивалента дозы гамма-излучения в точке измерений №19, ул. Хвалынская, дом №91 составлял 0,14 мкЗв/ч, в точке измерений №6, ул. Образцовская, д. №63 составлял 0,13 мкЗв/ч, что не превышает фоновых значений.



Рис. 2. Карта электромагнитных полей диапазона плотности потока энергии территории Автозаводского района г.о. Тольятти

Проведено обследование жилых домов и общественных зданий селитебной территории Самарской области на содержание радона как в подвалах жилых домов, так и в самих жилых помещениях при наличии жалоб жильцов. Для оценки уровней объемной активности радона-222 в воздухе использовался радиометр радона портативный PPA-01M-01. На территории городского округа Самара было проведено более 100 измерений объемной активности радона-222 в воздухе и числа зарегистрированных α – распадов ²¹⁸Po (RaA) N в более чем 50 точках.

Анализ результатов измерений показал, что превышения нормативных значений не выявлено

ни в одной из точек измерений. Повышенные уровни объемной активности радона-222 в воздухе зарегистрированы в точке измерений №2, Кировский район, посёлок 16 км, ул. Дальняя, дом №12 ($Q = 27 \pm 3$ Бк/м³); в точке измерений №5, Кировский район, ул. Ташкентская, дом № ($Q = 25 \pm 1$ Бк/м³); в точке измерений №11, Советский район, ул. Высоковольтная, дом №10 ($Q \geq 26 \pm 1$ Бк/м³); в точке измерений №18, Ленинский район, ул. Коммунистическая, дом №16 ($Q = 25 \pm 2$ Бк/м³); в точке измерений №24, Самарский район, ул. Венцека, дом №61 ($Q = 25 \pm 2$ Бк/м³); в точке измерений №30, в точке измерений №32, Красноглинский район, п. Красная Глинка, ул. Сочинская, дом №7 ($Q = 26 \pm 1$ Бк/м³); в точке измерений №35, Красноглинский район, п. Южный, ул. Вторая Южная, дом №7 ($Q = 27 \pm 3$ Бк/м³) и др. Согласно требованиям методических указаний МУ 2.6.1.715-98 потенциальная радоноопасность территорий для данных точек измерений относится ко второй категории (ЭРОА = 25-100 Бк/м³). Все вышеуказанные значения ниже предельно допустимых гигиенических норм.

С использованием разработанного программного обеспечения авторами построены карты электромагнитных полей селитебной территории Самарской области. В качестве примера на рис. 2 показана карта электромагнитных полей Автоза-

$$- 0,19 \cdot y_1 - 0,19 \cdot y_2 - 0,09 \cdot y_3 + 0,06 \cdot y_4 - 0,42 \cdot y_5 - 0,14 \cdot y_6 + 0,13 \cdot y_7 - 0,01 \cdot y_8 - 0,61 \cdot y_9 - 0,76 \cdot y_{10} - 0,61 \cdot y_{11} = 0,38 \cdot x_1 + 0,17 \cdot x_2 - 0,93 \cdot x_3 - 0,08 \cdot x_4; \quad (1)$$

где: $x_1 - x_4$ – факторы среды (шум, общая вибрация, температура воздуха, освещённость); $y_1 - y_4$ – психофизиологические показатели (ПЗМР, тепинг-тест, численно-буквенный тест, КЧСМ); $y_5 - y_8$ – показатели кардиореспираторной системы (ЧСС и др.); $y_9 - y_{11}$ – показатели терморегуляторных реакций.

Коэффициенты перед показателями характеризуют факторную нагрузку и указывают на вклад каждого из первичных показателей в выявленную многомерную взаимосвязь показателей ФСЧ с ФФС. Модель построена для нормированных значений первичных показателей. Их средние значения по всей выборке равны 0, дисперсия равна 1.

Как следует из модели, наибольшие весовые нагрузки в формировании ФСЧ имеют показатели

$$L_{\text{сост}} = 6,907 - 0,0175 \cdot Q_{\text{э.т.}} - 0,115 \cdot T_o - 1,321 \cdot \Delta Q_{\text{т.с.}} + 0,0114 \cdot \text{АДД} + 0,00956 \cdot \text{АДС} - 0,0316 \cdot \text{ЧСС} + 0,00909 \cdot \text{ЧД} - 0,0144 \cdot \text{ПЗМР} - 0,0792 \cdot \text{КЧСМ} + 0,00266 \cdot T_{\text{т}} + 0,00384 \cdot \text{БЧТ}; \quad (2)$$

$$L_{\text{sr}} = 2,509 + 0,025 \cdot \text{Ш} + 0,252 \cdot \text{ОВ} - 0,182 \cdot t_{\text{б}} - 0,0465 \cdot \text{Осв.} \quad (3)$$

Важной практической задачей является классификация и прогнозирование функционального состояния человека, работающего в неблагоприятных условиях. Классификация ФСЧ проводилась на основе разработанного показателя системного ответа организма ($L_{\text{сост}}$). Классы выделялись путём установления сигмальных границ от-

водского района г. Тольятти (диапазон плотности потока энергии).

ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ И ОЦЕНКЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ВО ВЗАИМОСВЯЗИ С ИНТЕГРАЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЕМ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

Рассмотрим результаты реализации методического подхода к определению и оценке интегрального показателя функционального состояния человека (ФСЧ) во взаимосвязи с интегральным показателем физических факторов среды (ФФС). Это может быть осуществлено на основе взаимосвязи одномерной многопараметрической характеристики системного ответа организма ($L_{\text{сост}}$) и одномерной многопараметрической характеристики внешней среды (L_{sr}). При этом $L_{\text{сост}} = L_{\text{sr}}$. На основе применения канонического корреляционного анализа установлено, что существует тесная взаимосвязь совокупности показателей ФСЧ с совокупностью параметров внешней среды ($\rho = 0,82$; $p < 0,05$). Соответствующая данному коэффициенту канонической корреляции модель имеет следующий вид:

$y_9 - y_{11}$, характеризующие состояние терморегуляторных механизмов, а также y_5 (ЧСС). Это обусловлено наибольшим влиянием температурного фактора (x_3), весовая нагрузка которого (0,93) превышает “вес” x_1 (0,38), x_2 (0,17) и x_4 (0,08). Как видно из уравнения 3, факторные нагрузки температуры воздуха и шума имеют противоположные знаки, что согласуется с описанным выше различным характером изменения ряда физиологических реакций при их воздействии.

В целях формализованной оценки ФСЧ и ФФС разработаны вероятностные номограммы. Для этого формулы вычисления интегральных показателей ФСЧ ($L_{\text{сост}}$) и ФФС (L_{sr}) были приведены к ненормированным первичным показателям:

клонения от среднего значения для всей выборки указанного интегрального показателя. Выделено три класса (P_1, P_2, P_3) физических факторов среды и функционального состояния человека. Соответствующие им значения первичных показателей приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Первичные показатели различных классов физических факторов среды

| Класс | Шум, дБА | Общая вибрация, м/с ² | Температура воздуха, °С | Освещенность, лк | Интегральный индекс, Лфс |
|-------|----------|----------------------------------|-------------------------|------------------|--------------------------|
| 1 | 65 | 0,86 | 30 | 2,4 | -1,2 |
| 2 | 68 | 1,00 | 24 | 3,4 | -0,0465 |
| 3 | 76 | 1,13 | 18,6 | 2,0 | 1,228 |

Таблица 2. Первичные показатели различных классов функционального состояния человека

| Класс | Qэ.т., Вт/м ² | Теплоощущение, балл | ΔQт.с., кДж/кг | ЧСС, уд./мин | АДД, мм рт.ст. | АДС, мм рт.ст. | ЧД, 1/мин | ПЗМР, мс | Б-Ч тест |
|-------|--------------------------|---------------------|----------------|--------------|----------------|----------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 84 | 5,4 | 1,94 | 79 | 91 | 124 | 19 | 265 | 117 |
| 2 | 68 | 4,2 | 0,57 | 75 | 84 | 122 | 18 | 242 | 128 |
| 3 | 53 | 3,1 | -0,94 | 67 | 84 | 126 | 16 | 234 | 124 |

Предложенный метод оценки ФСЧ позволяет учесть “размытость” границ между функциональными состояниями соседних классов.

По уравнению 3 можно решать и другие задачи, в частности, в какой степени возможно изменить ФСЧ за счет варьирования уровней физических факторов среды. Например, в упомянутой выше ситуации не представляется возможным оптимизировать температуру воздуха. В какой же степени улучшится ФСЧ, если уровень шума снизится до 55 дБА, общая вибрация до 0,2 м/с², а освещенность составит 3 лк. Решая уравнение 3, получаем, что величина L_{сг} в этом случае составит - 0,94 усл. ед. Это означает, что с вероятностью 0,7 функциональное состояние может быть отнесено ко 2-му классу, с вероятностью 0,2 - к первому и 0,1 - к третьему классу. Таким образом, ФСЧ будет несколько улучшено, но для его оптимизации необходимо снижение температуры воздуха. Безусловно, представленные уравнения для интегральной оценки функционального состояния человека, в том числе по показателям факторов среды, адекватны конкретной ситуации. Исползованный же математический метод может быть применен и для решения более широкого круга гигиенических задач.

Очевидно, что вклад физических факторов внешней среды в формирование функционального состояния человека неодинаков. Необходимо их ранжирование по степени влияния на функциональное состояние человека. Для комплексной оценки влияния физических факторов среды (шум, общая вибрация, температура воздуха, освещенность) на функциональное состояние человека разработана модель, связывающая всю совокупность показателей функционального состояния человека со всей совокупностью показателей физических факторов среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечение экологической безопасности при воздействии физических факторов (электромагнитных полей, ионизирующих излучений, шума,

вибрации, инфразвука и др.) в условиях урбанизированных территорий может быть достигнуто лишь при соблюдении комплекса мероприятий. При этом необходимым является проведение исследований по определению и оценке воздействий физических загрязнений как на производственных площадках, так и в жилой зоне в рамках комплексного многоуровневого мониторинга.

Мониторинг физических полей урбанизированных территорий является комплексным исследованием, состоящим из ряда этапов:

- отработка методики проведения натуральных измерений физических полей на основе действующих нормативных документов;
- натурные измерения физических загрязнений в условиях урбанизированных территорий на основе российских и зарубежных методик;
- обработка экспериментальных данных и выдача заключения о соответствии нормативным требованиям;
- построение карт физических загрязнений;
- оценка сочетанного воздействия физических загрязнений;
- разработка методик интегрированной оценки физических загрязнений и др.

Результаты проведенного анализа подтверждают, что физические факторы среды (шум, общая вибрация, электромагнитные поля, температура воздуха, освещенность) могут вызывать разнонаправленные реакции со стороны различных функциональных систем организма. Комплексное воздействие их в зависимости от уровня каждого может усиливать или ослаблять системный ответ организма.

Рассмотрены подходы к определению и оценке интегрального показателя функционального состояния человека во взаимосвязи с интегральным показателем физических факторов среды.

Полученные результаты многоуровневого мониторинга физических загрязнений для урбанизированной территории Самарской области позволяют не только эффективно и качественно оценивать уровень отдельных загрязнений, но и их со-

четанное воздействие, а также прогнозировать динамику их изменений.

Результаты работы могут быть применены в условиях урбанизированной территории для мониторинга воздействия физических загрязнений на здоровье населения и на биосферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афанасьева Р.Ф., Суворов Г.А., Антонов А.Г., Бобров А.Ф., Лосик Т.К., Соколов С.Н.* Прогнозирование теплового состояния человека при воздействии комплекса факторов. Медицина труда и промышленная и экология. 2000, № 2. С. 9.
2. *Васильев А.В.* Мониторинг физических полей урбанизированных территорий: современные подходы, проблемы, перспективы. //Известия Самар. НЦ РАН. 2005. Т. 1. С. 111-118.
3. *Васильев А.В.* Экологический мониторинг физических загрязнений на территории Самарской области. Снижение воздействия источников физических загрязнений. Самара: Изд-во Самар. НЦ РАН, 2009. 140 с.,
4. *Васильев А.В.* Снижение низкочастотного звука и вибрации энергетических установок. Автореф. дис. ... докт. технич. наук. Санкт-Петербург, 2006, 48 с.
5. *Васильев А.В., Розенберг Г.С.* Мониторинг акустического загрязнения сельтебной территории г. Тольятти и оценка его влияния на здоровье населения // Безопасность в техносфере. 2007, № 3. С. 9-12.
6. *Васильев А.В., Школов М.А., Перешивайлов Л.А., Лифиренко Н.Г.* Мониторинг электромагнитных полей территории городского округа Тольятти и оценка их воздействия на здоровье населения // Изв. Самар. НЦ РАН. 2008. Т. 10, № 2. С. 642-652.
7. *Васильев А.В., Бухонов В.О., Васильев В.А., Терещенко Ю.П.* Обеспечение экологической безопасности при воздействии физических факторов на производственных площадках химических предприятий. // Башкирский химический журнал. 2012. Т. 19, №5. С.52-59.
8. *Кудинова Г.Э., Розенберг Г.С., Васильев А.В., Хамидулова Л.Р., Шиманчик И.В.* О проблемах и путях обеспечения социальной ответственности в интересах устойчивого развития (шесть "Re" или шесть "По-Пе"). // Известия Самар. НЦ РАН. 2012. Т. 14, №1(3). С. 763-770.
9. *Суворов Г.А., Афанасьева Р.Ф., Пальцев Ю.П.* и др. Регламентация физических факторов: итоги и перспективы. // Медицина труда и промышленная экология. 1998. № 6. С. 26 - 35.

DEVELOPMENT AND REALIZATION OF METHODS OF SEPARATE AND JOINT MONITORING OF PHYSICAL POLLUTIONS OF URBAN TERRITORIES

© 2013 A.V. Vasilyev, V.V. Zabolotskikh

Togliatti State University, Togliatti

Problems of monitoring of physical pollutions of urban territories are discussed. New methods of monitoring are suggested allowing to consider as separate as joint impact of physical pollutions of environment. Results of approbation of suggested methods of monitoring of physical pollutions of urban territories are described on the example of Samara region of Russia.

Key words: monitoring, physical pollutions, estimation, urban territory