



Геоэкология и безопасность жизнедеятельности

УДК 504.06

О РАЗВИТИИ СИСТЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

М.В.ВОЛКОДАЕВА¹, А.В.КИСЕЛЕВ²

¹ Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

В статье предлагаются направления развития системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха в РФ, а именно: увеличение количества стационарных постов контроля загрязнения атмосферы в каждом конкретном городе; расширение списка городов, где ведутся постоянные измерения концентраций загрязняющих веществ; расширение перечня контролируемых примесей за счет внедрения автоматизированных систем мониторинга качества атмосферного воздуха, развитие расчетных методов мониторинга качества атмосферного воздуха, включающих не только информацию об уровнях загрязнения с точки зрения соблюдения гигиенических нормативов, но и оценку уровней загрязнения с позиции экологического риска здоровью населения. Отмечается большая чувствительность растений к низкому качеству атмосферного воздуха по сравнению с чувствительностью животных и человека. Приводятся нормативы качества атмосферного воздуха для растительности. Предлагается оценивать качество атмосферного воздуха не только с точки зрения воздействия на здоровье человека, но с учетом воздействия на растительность, включить в программу маршрутных наблюдений, которые осуществляются передвижными лабораториями мониторинга атмосферного воздуха, территории с зелеными насаждениями общего пользования, что позволит повысить информативность мониторинга атмосферного воздуха и состояния зеленых насаждений. В связи с увеличивающимся уровнем шума в крупных городах и отсутствием постоянно действующей системы мониторинга шума, предлагается оснастить действующие и новые станции мониторинга приборами измерения уровней шума для обеспечения достоверной информации для разработки соответствующих природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: мониторинг качества атмосферного воздуха, автоматизированные системы мониторинга, измерение уровней шума, состояние зеленых насаждений, оценки риска здоровью населения

Как цитировать эту статью: Волкодаева М.В. О развитии системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха / М.В.Волкодаева, А.В.Киселев // Записки Горного института. 2017. Т. 227. С. 589-596. DOI: 10.25515/PMI.2017.5.589

Введение. Качество атмосферного воздуха в городах многих стран – одна из наиболее острых экологических проблем современности. Ухудшение состояния воздушного бассейна городов, обусловленное выбросами энергетики, промышленности и транспортным комплексом, оказывает негативное воздействие как на здоровье населения, так и на окружающую среду в целом. Качество компонентов окружающей среды оценивается по данным мониторинга, осуществляемого в рамках государственного экологического мониторинга. В связи с этим существует необходимость проведения постоянного контроля качества атмосферного воздуха.

Государственный мониторинг окружающей среды (государственный экологический мониторинг) – комплексная система наблюдения за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов [19].

В настоящее время на территории городов РФ преимущественно ведется мониторинг атмосферного воздуха, однако далеко не во всех городах. По данным ФГБУ «ГГО им. А.И.Воейкова», регулярная сеть государственной службы мониторинга загрязнения атмосферы на территории Российской Федерации в 2013 г. состояла из 694 стационарных постов наблюдений загрязнения атмосферы, число контролируемых городов – 252. В зависимости от объемов работ в УГМС контролируются от 14 до 34 примесей [7].

Таким образом, увеличение количества стационарных постов контроля загрязнения атмосферы в каждом конкретном городе, расширение списка городов, где ведутся постоянные измерения концентраций загрязняющих веществ, увеличение перечня контролируемых примесей – одна из актуальных задач развития экологического мониторинга.



Направления развития системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха. К одной из первых задач следует отнести внедрение автоматизированных систем мониторинга качества атмосферного воздуха, так как до настоящего времени получение информации о загрязнении атмосферного воздуха на сети Росгидромета в основном было ориентировано на отбор проб воздуха в поглотительные приборы и на аэрозольные фильтры – ручные методы химического состава атмосферного воздуха. В настоящее время оценка качества атмосферного воздуха с использованием автоматизированной системы непрерывного мониторинга выполняется в единичных городах РФ [1, 2]. Следует отметить, что развитие автоматизированных систем (АМС) является одним из основных направлений стратегии деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 г. [17].

Автоматические станции мониторинга атмосферного воздуха функционируют непрерывно и позволяют обеспечить регулярное получение оперативной информации о концентрации загрязняющих веществ в отличие от применения ручного пробоотбора. Техническое обеспечение АМС состоит из павильонов станций, измерительного комплекса (анализаторы, системы отбора проб воздуха, метеорологические датчики), системы обработки и передачи данных (модемы, компьютеры), систем жизнеобеспечения станций (электропитание, отопление и кондиционирование воздуха, охранная сигнализация, освещение).

При всех положительных аспектах существующих подходов к организации лабораторного (инструментального) мониторинга атмосферного воздуха промышленных городов такие системы обладают целым рядом недостатков, прежде всего связанных с ограниченностью информационной составляющей как по набору исследуемых веществ, так и количеству точек отбора проб. Так, в Санкт-Петербурге существуют три системы измерения атмосферного воздуха, реализуемые Роспотребнадзором, Гидрометеослужбой и Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга, которые охватывают своими исследованиями (совместно) около 90 постов и три десятка веществ. В то же время, по данным инвентаризации и расчетов промышленных выбросов, получаемых в ходе проводимых в городе проектных природоохранных работ, актуальными для гигиенического и природоохранного анализа следует считать более 450 веществ, а поскольку Санкт-Петербург расположен на территории площадью 1439 км², существующие посты наблюдения не способны предоставить адекватную информацию о загрязнении воздуха с требуемой по современным критериям доказательности пространственной детальностью [4, 16].

Одновременно с этим в наборе средств проведения мониторинга атмосферного воздуха расчетным методам оценки загрязнения атмосферного воздуха уделяется недостаточно внимания, хотя в отдельных его направлениях (например, определении требуемых размеров санитарно-защитных зон промышленных предприятий, разработки природоохранной документации) накоплен положительный опыт их применения. Расчетные методы, основанные на утвержденных в установленном порядке исходной информации и методах расчета, позволяют проводить корректный анализ текущей, ретроспективной и перспективной ситуации с требуемой пространственной детальностью и отвечают задачам риск-ориентированных технологий санитарного и природоохранного надзора.

Также следует отметить, что в системе оценочных критериев уровня загрязнения атмосферного воздуха ведущее место отводится гигиеническим нормативам (ПДК и ОБУВ), что свидетельствует о сложившемся антропоцентрическом акценте нормирования факторов окружающей среды. Однако гигиенические нормативы не способны в полном объеме являться критериями природоохранного и санитарно-эпидемиологического благополучия, поскольку их значения нередко являются результатом принятия управленческого решения, основанного на компромиссе, учитывающем реальные возможности бизнес-сообщества и данных научных исследований о вреде для здоровья неблагоприятных факторов, поступающих в среду обитания человека. Именно поэтому соблюдение гигиенических нормативов не гарантирует природоохранное и санитарно-эпидемиологическое благополучие, а лишь характеризует уровень соответствия среды обитания установленным требованиям, а для оценки эффективности природоохранных задач и состояния санитарно-эпидемиологического населения требуется внятное сопровождение гигиенических нормативов с позиции экологического риска здоровью населения.

Законодательно использование методологии оценки риска закреплено Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 10.11.97 N 25 и Главного



государственного инспектора Российской Федерации по охране природы от 10.11.97 №03-19/24-3483 «Об использовании методологии оценки риска для управления качеством окружающей среды и здоровья населения в Российской Федерации» и развито в официальном «Руководстве по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Руководство Р2.1.10.1920-04).

Оценка риска здоровью населения при анализе качества окружающей среды подразумевает, как это принято в международной практике, выполнение четырех основных этапов:

- идентификация опасности;
- оценка экспозиции;
- оценка зависимости «доза-эффект»;
- характеристика риска.

Этот комплекс с 2009 г. используется Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга, где в качестве исходной базы используются данные по 36124 источникам выбросов, принятым как приоритетные, 72 % из которых являются организованными. При этом было установлено, что в атмосферный воздух от этих источников поступает 455 веществ. Расчетная сетка определена с шагом в 500 м и покрывает территорию в 5041 км². В ходе приводимого мониторинга выполняются расчеты максимальных разовых и среднегодовых концентраций для всех выбрасываемых веществ, а также оценивается канцерогенный и неканцерогенный (острый и хронический) риски и проводится оценка загрязнения по ольфактометрическому критерию (доля превышения порога запаха) [8, 14].

Следует отметить, что комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха на качество зеленых насаждений в нашей стране не проводится. Анализ результатов мониторинга атмосферного воздуха с учетом критериев нормативов предельно допустимого загрязнения воздуха для зеленых насаждений позволит развить систему мониторинга состояния зеленых насаждений в городах. Включение в программу маршрутных наблюдений, которые осуществляются передвижными лабораториями мониторинга атмосферного воздуха, территорий с зелеными насаждениями общего пользования позволит повысить информативность мониторинга атмосферного воздуха и состояния зеленых насаждений. В связи с этим целесообразно кроме стационарных постов загрязнения атмосферы развивать передвижные лаборатории контроля загрязнения атмосферы, которые могут проводить измерения в различных частях города с учетом актуальной экологической обстановки, проводить измерения не только в районах жилой застройки, но и в местах отдыха, парках, садах и т.д. Развитие расчетного мониторинга позволит оценить качество атмосферного воздуха в любой точке города, в том числе и на территориях парков, садов, зон зеленых насаждений с точки зрения соблюдения экологических нормативов.

Дискуссия о внедрении экологических нормативов в практику атмосфероохранной деятельности ведется в нашей стране с конца прошлого века [6, 11, 12]. Закон Российской Федерации «Об охране атмосферного воздуха» [19] ввел определение экологического норматива качества атмосферного воздуха (ст. 1) и определил цели установления экологических нормативов качества атмосферного воздуха (ст. 11).

Экологический норматив качества атмосферного воздуха – это критерий качества атмосферного воздуха, который отражает предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и при котором отсутствует вредное воздействие на окружающую природную среду. К экологическим нормативам качества атмосферного воздуха относятся максимальные разовые, среднесуточные и среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, устанавливаемые исходя из чувствительности различных элементов экосистем [19].

Экологические нормативы качества атмосферного воздуха должны быть направлены на сохранение естественных экосистем, природных ландшафтов и природных комплексов, зеленых насаждений городов, которые с одной стороны являются «легкими» городов, с другой – сами подвергаются негативному воздействию качества атмосферного воздуха.

Растительность является наиболее чувствительным к загрязнению атмосферного воздуха элементом экосистемы, превосходящим чувствительность животных и человека, обладающая



**Предельно допустимое загрязнение воздуха
для зеленых насаждений на территории Москвы**

Вредное (загрязняющее) вещество	Фитотоксичные ПДК, мг/м ³	
	Максимальные разовые	Среднесуточные
Диоксид серы	0,100	0,05
Диоксид азота	0,09	0,05
Аммиак	0,35	0,17
Озон	0,47	0,24
Углеводороды	0,65	0,14
Угарный газ	6,7	3,3
Бенз(а)пирен	0,0002	0,0001
Бензол	0,1	0,05
Взвешенные вещества	0,2	0,05
Сероводород	0,008	0,008
Формальдегид	0,02	0,003
Хлор	0,025	0,015

Таблица 1 малой способностью к детоксикации поглощенных загрязнителей, специфической реакцией на конкретные загрязнители. Большая чувствительность растений к вредным примесям в атмосферном воздухе обусловлена существенным различием в обмене веществ у высших растений и животных [9, 15]. Все зеленые растения являются автотрофами, т.е. организмами, синтезирующими из неорганических соединений (преимущественно из воды, двуокиси углерода, неорганических соединений азота) все необходимые для жизни органические вещества, используя энергию фотосинтеза. Все животные и

человек используют для своего питания готовые органические вещества, т.е. являются гетеротрофами. Именно наличием у растений фотосинтетического аппарата объясняется большая чувствительность растений к низкому качеству атмосферного воздуха [11].

Для территории РФ не существует утвержденных экологических нормативов качества атмосферного воздуха, однако для некоторых регионов такие нормативы утверждены. Нормативы предельно допустимого загрязнения воздуха для зеленых насаждений на территории Москвы [10] приведены в табл.1.

Во многих зарубежных странах в настоящее время разработано и действует природоохранное законодательство, включающее установление стандартов качества атмосферного воздуха как для человека, так и для окружающей среды.

В зарубежных странах стандарты качества атмосферного воздуха установлены для загрязняющих веществ, признанных наиболее опасными. При этом нормативы установлены для различных временных интервалов, что, вероятно, приспособлено к системам контроля качества атмосферного воздуха, действующим в каждой стране.

В международной природоохранной деятельности применяется понятие «критический уровень» (critical level, CLE) – концентрация в атмосфере загрязняющего вещества, выше которой происходят неблагоприятные воздействия на отдельные виды растений и экосистемы в целом. Цель критических уровней состоит в том, чтобы защитить функционирование сообщества растений.

Критические уровни SO₂, NO₂, NH₃ для различных типов растительности были приняты во Всемирной организации здравоохранения в 2000 г. [21]. Например, для лишайников годовой критический уровень SO₂ равен 0,01 мг/м³, для лесных экосистем – 0,02 мг/м³, для сельскохозяйственных зерновых культур – 0,03 мг/м³.

В Европейском союзе для нормирования качества атмосферного воздуха установлены предельные значения содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе для защиты здоровья человека и защиты окружающей среды (растительности).

Для растительности предельные значения содержания SO₂ составляют 0,020 мг/м³, озона – 0,006 мг/м³, NO_x – 0,030 мг/м³.

В США для нормирования качества атмосферного воздуха установлены первичные и вторичные стандарты качества атмосферного воздуха. Первичные стандарты направлены на защиту здоровья людей, включая уязвимые группы населения, такие как дети, престарелые люди и лица, страдающие от респираторных заболеваний. Вторичные стандарты качества атмосферного воздуха предназначены для защиты общественного благосостояния (например, фасады здания, сельскохозяйственные культуры, домашние животные). Величины первичных и вторичных национальных стандартов качества атмосферного воздуха для различных временных интервалов приведены в табл.2.

Учитывая актуальность благоустройства городов, а именно сохранение существующих и вновь высаженных зеленых насаждений в городской черте, целесообразно оценивать качество атмосфер-



Таблица 2

Величины национальных стандартов качества атмосферного воздуха для США, мг/м³

Вредное вещество, мг/м ³	Время осреднения, ч	Первичные стандарты	Вторичные стандарты
SO ₂	24	0,365	–
	Годовое	0,08	–
	3	–	1,30
Твердые частицы (ГЧ ₁₀)	24	0,15	0,15
	Годовое	0,035	0,035
Твердые частицы (ГЧ _{2,5})	24	15	15
	Годовое	15	15
CO	1	40	–
	8	10	–
O ₃	1	0,235	0,235
	8	0,235	0,235
NO _x	Годовое	0,10	0,10
	Ежеквартальное	1,5	1,5

ного воздуха с точки зрения воздействия не только на здоровье человека, но с учетом воздействия на растительность.

Следующей проблемой состояния окружающей среды, особенно в крупных городах, является шумовое загрязнение. Это обусловлено разнообразным количеством источников шума: источником шума является любой процесс, вызывающий местное изменение давления или механические колебания в твердых, жидких и газообразных средах. Машины и механизмы являются техногенными источниками зву-

ков различной частоты и интенсивности, изменяющихся во времени. Основными источниками внешнего шума являются транспортные потоки на улицах и дорогах, железнодорожный, водный и воздушный транспорт, промышленные и энергетические предприятия и их отдельные установки, внутриквартальные источники шума (трансформаторные подстанции, центральные тепловые пункты, хозяйственные двory магазинов, спортивные и игровые площадки и др.).

Шумовое загрязнение отрицательно влияет на здоровье людей, приводит к специфическим и неспецифическим изменениям в организме. По данным Европейского агентства по окружающей среде шумовое загрязнение, создаваемое транспортными потоками, является одной из основных экологических проблем для здоровья; шум окружающей среды вызывает, по меньшей мере, 10000 случаев преждевременной смерти в Европе каждый год [22].

Нормативным актом РФ, устанавливающим критерии безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды его обитания и требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности, являются санитарные правила, нормы и гигиенические нормативы [18], которые устанавливают классификацию шумов; нормируемые параметры и предельно допустимые уровни шума на рабочих местах, допустимые уровни шума в жилых помещениях, общественных зданий и на территории жилой застройки в РФ (табл.3).

Таблица 3

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Время суток, ч	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА	Максимальные уровни звука L _{max} , дБА	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000			8000
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, зданиям амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	7-23	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
	23-7	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальня в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	7-23	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	23-7	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45



Состояние шумового загрязнения атмосферного воздуха в городах РФ определяется периодически: при обосновании границ и размеров санитарно-защитных зон (СЗЗ) предприятий, а также на основании исследований, проводимых по жалобам жителей на повышенный уровень шума. Данная информация в бумажном виде хранится в территориальных органах Роспотребнадзора. Наибольшее распространение данные исследования получили в Москве. Периодический контроль за уровнями шума проводится и в других городах (например, в Санкт-Петербурге, Мурманске) [3, 5].

Несмотря на актуальность данной темы и утвержденных нормативов, постоянного комплексного мониторинга воздействия шума различного происхождения, выполняемого с целью исключения, предупреждения или снижения вредного воздействия шума на человека и окружающую среду в городах Российской Федерации не ведется.

Один из возможных путей решения проблемы высокого шумового загрязнения – это мониторинг акустической ситуации с целью определения основных источников шума для разработки шумозащитных мероприятий. Для комплексной оценки физического воздействия на состояние атмосферного воздуха необходимы регулярные наблюдения за уровнями шума.

Для измерения всевозможных шумовых характеристик применяют специальные приборы-шумомеры, позволяющие измерять в децибелах уровни интенсивности звука в широких пределах.

Шумомер состоит из высококачественного микрофона, широкополостного усилителя, переключателя чувствительности, меняющего усиление ступенями по 10 дБ, переключателя частотных характеристик и стрелочного индикатора, шкала которого градуирована непосредственно в децибелах. На лицевой панели шумомеров помимо основных органов управления обычно имеются гнезда, позволяющие подключить к схеме различные дополнительные устройства: частотные и амплитудные анализаторы, фильтры, самописцы и другие приборы. Из отечественных шумомеров промышленного производства можно назвать приборы типа МИУ, ША-63, Ш-3М, Ш-71, ИШВ-1.

Основными техническими требованиями, предъявляемыми к шумомерам, которые рекомендуется устанавливать на постах мониторинга, являются:

- измерение значений уровней звука с точностью 1 дБА;
- возможность использования с всепогодными защитными устройствами;
- автоматизированная передача измеренных параметров на компьютер и далее в центр управления и анализа.

Оснащение действующих и новых станций мониторинга приборами измерения уровней шума необходимо для обеспечения достоверной информации на основе постоянно действующей системы мониторинга для разработки соответствующих природоохранных мероприятий, что является основой экологической безопасности для многих жителей, особенно крупных городов страны.

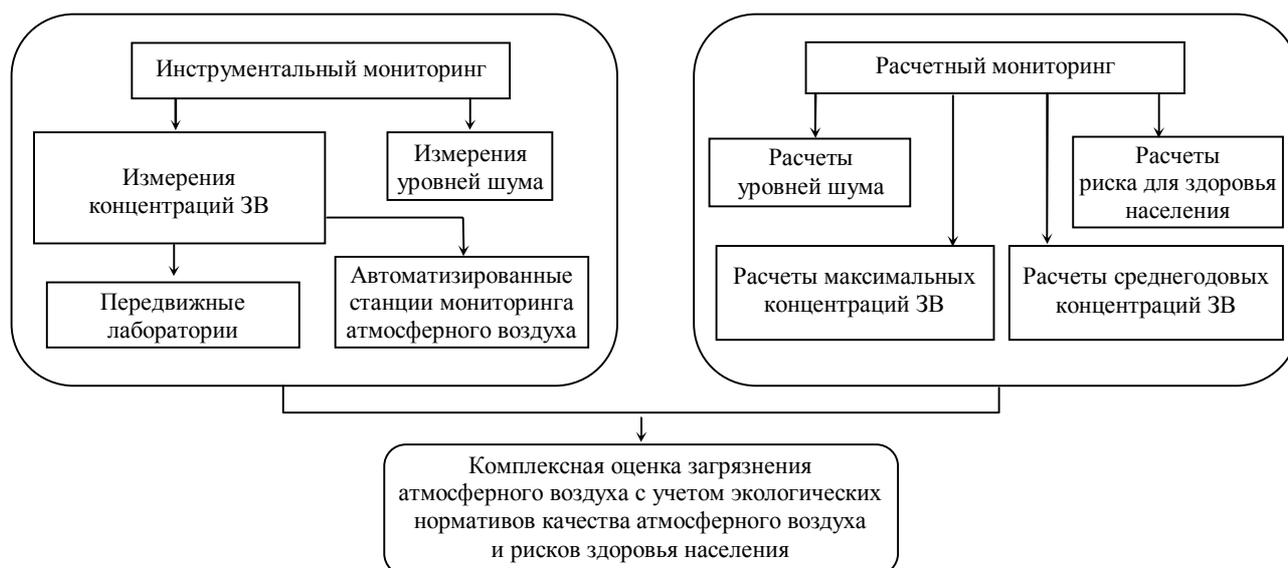
Данная информация может быть использована как для совершенствования существующей системы инструментального мониторинга, так и служить основой для расчетного мониторинга – построения шумовых карт городов. Результаты таких расчетов способствуют принятию своевременных и корректных управленческих решений в плане территориального планирования и развития городов, защиты населения от повышенного шумового воздействия.

На рисунке показана предлагаемая схема организации экологического мониторинга качества атмосферного воздуха

В основе технического обеспечения контроля и взаимодействия компонентов системы экологического мониторинга лежит модульная организация обработки информации, предполагающая интеграцию внешних источников первичных данных, долговременную информацию, хранящуюся во внутренних базах данных, моделей преобразования информации по принятым методикам и средств отображения результатов расчетов.

Компоненты системы экологического мониторинга состоят из следующих основных элементов:

- измерительные средства:
 - газоанализаторы на постах мониторинга, измеряющие определенный перечень загрязняющих веществ (ЗВ);
 - шумомеры на постах мониторинга, измеряющие основные нормируемые параметры от непостоянных источников шума;
- устройства первичной обработки данных, обеспечивающие накопление и первичный контроль данных измерений непосредственно на постах мониторинга;
- устройства передачи данных с помощью телекоммуникационной системы;



Предлагаемая система организации экологического мониторинга качества атмосферного воздуха

- программное обеспечение (ПО) сбора и вторичного контроля данных измерений на сервере пункта сбора и анализа данных;
- ПО для расчета полей приземных концентраций ЗВ в атмосферном воздухе, оценки риска здоровью населения, уровней шума.

Для измерения концентраций в атмосферном воздухе ЗВ в автоматическом режиме на постах мониторинга необходимо использование приборов измерения концентраций и устройств, обеспечивающих управление работой станции атмосферного мониторинга, а также сбор, обработку, хранение и передачу информации по линиям связи на компьютер и далее в центр управления анализа.

Заключение. Современная сеть мониторинга атмосферного воздуха России выполняет измерения концентраций различных загрязняющих веществ. Тем не менее существует ряд проблем, связанных с техническим оборудованием станций мониторинга, недостаточным обеспечением аналитических лабораторий современными средствами измерений. Более того, система мониторинга Росгидромета и ее методы с ручным отбором проб не отвечают современным требованиям по передаче оперативной информации о загрязнении атмосферы.

С учетом актуальности проблемы загрязнения атмосферного воздуха указанные недостатки свидетельствуют о необходимости развития и модернизации сети мониторинга в России, внедрения автоматизированных систем непрерывного измерения содержания основных загрязняющих веществ, разработки новых и пересмотра существующих методов измерения, а также совершенствования средств обработки, хранения и передачи информации.

Наиболее перспективными системами мониторинга атмосферного воздуха можно считать те, которые основаны на совместном применении расчетных и инструментальных методах оценки его загрязнения, а в качестве оценочных критериев используются не только гигиенические нормативы, но и методология оценки риска, экологические нормативы.

Поскольку шумовое загрязнение является растущей проблемой состояния окружающей среды, оснащение действующих и новых станций мониторинга в крупных городах РФ приборами измерения уровней шума будет способствовать обеспечению достоверной информацией для разработки соответствующих природоохранных мероприятий.

Дополнение существующей системы экологического мониторинга регулярными измерениями уровней шума, построением шумовых карт города, развитием АСМ качества атмосферного воздуха, результаты которого будут применяться для оценки влияния на здоровье человека и на состояние зеленых насаждений, позволит снизить неопределенности и повысить информативность при выработке управленческих решений.



Улучшение качества окружающей среды – сложная, многогранная проблема, требующая глобальных и локальных усилий для своего решения. Разработка и использование современных отечественных приборов контроля и мониторинга окружающей среды позволяет получать объективные знания о качестве окружающей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкодаева М.В. Использование результатов сводных расчетов для совершенствования систем качества мониторинга атмосферного воздуха в городах / М.В.Волкодаева, А.В.Левкин // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. СПб, 2012. № 26. С. 27-31.
2. Волкодаева М.В. Использование геоинформационных технологий для задач оптимизации размещения станций мониторинга качества атмосферного воздуха // Записки Горного института. 2015. Т. 215. С.107-114.
3. Волкодаева М.В. Об измерении шумового воздействия автотранспортных потоков (на примере Санкт-Петербурга) / М.В.Волкодаева, Я.А.Ильина // Технические науки: современный взгляд на изучение актуальных проблем: Сб. научн. трудов по итогам Междунар. научн.-практич. конф., 25 июля 2016. Астрахань, 2016. С. 110-115.
4. Волкодаева М.В. Использование результатов расчетов рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе города для оценки качества атмосферного воздуха / М.В.Волкодаева, Е.Н.Шпакова // Охрана окружающей среды и экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2007 г. / Комитет по природопользованию и охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга. СПб, 2008. С. 214-220.
5. Волкодаева М.В. Использование шумовых карт города для выбора управленческих решений по регулированию автотранспортных потоков / М.В.Волкодаева, А.В.Левкин, К.В.Демина // Теория и практика шума / Военмех им.Устинова. СПб, 2015. Vol. 1. № 1. С. 22-31.
6. Временные нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, оказывающих вредное воздействие на лесные насаждения в районе музея-усадьбы «Ясная поляна» / ВНИИЛМ. М., 1984. 12 с.
7. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2012 г. / Под ред. Э.Ю.Безуглой / Росгидромет. М., 2013. 247 с.
8. Киселев А.В. Оценка риска здоровью. Подходы к использованию в медико-экологических исследованиях и практике управления качеством окружающей среды / А.В.Киселев, К.Б.Фридман. СПб: Дейта, 1997. 100 с.
9. Методика определения предельно допустимых концентраций вредных газов для растительности / Московский лесотехнический институт. М., 1988. 15 с.
10. МГСН 1.02-02. Нормы и правила проектирования комплексного благоустройства на территории Москвы. М., 2002. 70 с. [Электронный ресурс] <http://www.kodeks.ru> (дата обращения 15.09.2016).
11. Николаевский В.С. Допустимые нормы загрязнения воздуха для растений / Николаевский В.С., Мирошникова А.Т. // Гигиена и санитария. 1974. № 4. С. 16-18.
12. Николаевский В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / Московский государственный университет леса. М., 2002. 220 с.
13. Обзор состояния работ по мониторингу загрязнения атмосферного воздуха в 2013 г. / Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова. СПб, 2014. 136 с.
14. Практика применения оценки аэрогенного риска для здоровья населения для обоснования приоритетных мер управления качеством атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге / И.А.Ракитин, А.В.Мельцер, А.В.Киселев, Н.В.Ерастова, Е.И.Владимирова; под ред. А.П.Щербо // Хлопинские чтения: Материалы XXXXIV научной конференции. СПб: Изд-во СПбМАПО, 2011. 134 с.
15. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе зон произрастания лесобразующих древесных пород / Московский государственный университет леса. М., 1995. 5 с.
16. Расчетные методы в системе оценки риска здоровью населения, связанного с загрязнением атмосферного воздуха / А.В.Киселев, А.В.Панькин, Н.Д.Сорокин, В.И.Лайхтман, С.А.Чигалейчик // Гигиенические и медико-профилактические технологии управления рисками здоровью населения: Материалы 2-й Всероссийской научно-практической конференции. Пермь, 2011. С. 147-151.
17. Распоряжение Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. № 1458-р «Стратегия деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 г. (с учетом аспектов изменения климата). М., 2010. [Электронный ресурс] <http://www.kodeks.ru> (дата обращения 15.09.2016).
18. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки / Информационно-издательский центр Минздрава России. М., 1997. 12 с.
19. Федеральный закон от 04.05.99 № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» [Электронный ресурс] <http://www.kodeks.ru> (дата обращения 15.09.2016).
20. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс] <http://www.kodeks.ru> (дата обращения 15.09.2016).
21. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications no 91, World Health Organization, Copenhagen. Available at: <http://www.euro.who.int/en/home> (date of access 15.09.2016).
22. The European Environment Agency (EEA) is an agency of the European Union. Available at: <http://www.eea.europa.eu/ru/publications> (date of access 15.09.2016).

Авторы: М.В.Волкодаева, д-р техн.наук, профессор, m.volkodaeva@yandex.ru (Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия); А.В.Киселев, д-р мед. наук, профессор, kiselev@atr-sz.ru (Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.Мечникова, Санкт-Петербург, Россия).

Статья принята к публикации 29.11.2016.