

УДК 502.175:502.3 (470.45)
ББК 20.1(2p-4Vor)

ЭВОЛЮЦИЯ СИСТЕМ И СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ¹

В.В. Залепухин, М.А. Мытарев

В статье раскрываются требования к современным автоматическим системам наблюдений. Приведены данные исследований атмосферного воздуха в Волгоградской области в зоне действия автоматизированных систем наблюдения, что, по мнению авторов, должно стать одним из приоритетных направлений природоохранной деятельности на территории промышленных городов и населенных пунктов.

Ключевые слова: воздушный бассейн, регион, автоматизированные системы наблюдения, дистанционное зондирование, Волгоградская область.

EVOLUTION OF THE SYSTEMS AND THE MEANS OF THE CONTROL UNDER THE CONDITION OF THE AIR BASIN

V.V. Zalepukhin, M.A. Mytarev

The article reveals the requirements to contemporary observation systems. The data of the research of the atmospheric air in the Volgograd region in the area of the automatic observation systems is given. According to the authors' opinion this should become one of the priority directions of the natural preserving activity on the territory of industrial cities and municipalities.

Key words: air basin, region, automatic observation systems, distant sounding, Volgograd region.

Практический переход к дистанционному зондированию и автоматическим системам наблюдения.

По вполне обоснованному мнению А.З. Разяпова [8], действующие в настоящее время в городах России системы мониторинга не соответствуют современному уровню аппаратного, методического и информационно-аналитического обеспечения на урбанизированных территориях и требуют пересмотра принципов их построения и схем функционирования. Системы мониторинга метеорологических условий и атмосферных загрязнений должны быть ориентированы на получение достоверной и оперативной информации об опасных уровнях поллютантов в воздушной среде по всей территории городов. Остро нуждается в модернизации и дальнейшем совершенствовании инструментальная база контроля, которая все шире должна использовать экспресс-методы и мобильные средства, включая аппаратуру и оборудование автоматизированных средств наблюдения.

Обязательный аналитический контроль должен быть распространен на гораздо большее число загрязняющих веществ, поступающих от промышленных предприятий и автотранспорта. Поэтому необходима дальнейшая разработка высокочувствительных датчиков как универсальных (для определения многих веществ и соединений), так и селективных (по отношению к какому-то одному поллютанту). При анализе промышленных выбросов первоочередной задачей является внедрение средств оперативного контроля непосредственно на источник эмиссии — то есть на дымовых трубах, оборудованных системами очистки или не имеющих таковых. Данные о выбросах должны поступать в информационно-аналитические центры городского мониторинга наряду с данными от наземной сети постов наблюдения. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций должны незамедлительно срабатывать системы оповещения как на предприятиях, так и в населенных пунктах. Именно такие схемы функционирования, специализированные приборы и оборудование широко используются в большинстве европейских стран, США и Японии.

В монографии А.В. Примака и А.Н. Щербаня [7] рассмотрены наиболее важные требования, которым должны удовлетворять промышленные средства автоматического контроля атмосферы:

1. Высокая чувствительность, соответствующая ПДК определяемого вещества.
2. Высокая специфичность используемых датчиков, которые позволяют выделить определяемое вещество на фоне других, зачастую близких по свойствам и химическому строению.

3. Надежность и стабильность показаний, не меняющихся в течение длительного времени в зависимости от состава воздушной смеси, температуры, давления, влажности и др.

4. Возможность определения анализируемого вещества в широком диапазоне значений, начиная от ПДК и кончая максимально вероятными концентрациями в различных аварийных ситуациях.

5. Достаточно высокая точность информации об определяемом ингредиенте и продолжительности пребывания его в воздухе.

6. Простота и удобство в эксплуатации, отсутствие необходимости в постоянном наблюдении со стороны обслуживающего персонала.

7. Непрерывность анализа и возможность получения информации из любой необходимой точки пространства в форме, приемлемой для восприятия системой автоматического контроля.

8. Удобство и простота централизованного обслуживания, небольшие капитальные затраты.

По нашему мнению, сюда следует добавить и высокую скорость передачи информации в центральную контрольную систему, возможность подключения автоматической системы оповещения об чрезвычайных ситуациях.

Дистанционные методы, в отличие от контактных инструментальных и ручных, применяются тогда, когда необходимо быстрое получение достоверных количественных характеристик сложной пространственно-временной структуры полей загрязняющих веществ, находящихся в газообразной или аэрозольной форме. Активные методы дистанционного зондирования делятся на 3 типа: 1) абсорбционные, 2) комбинационное рассеивание, 3) резонансная флюоресценция. Они обладают весьма высокой чувствительностью — пределы обнаружения конкретных загрязнителей колеблются от 10^{-4} до 10^{-8} %.

Принципиально новую тенденцию в получении репрезентативных данных открыли дистанционные спектрометрические методы, связанные с наблюдением атмосферы Земли с искусственных спутников, самолетов, пилотируемых космических кораблей, выполняющих измерения параметров приземного слоя на площадях в сотни квадратных км [3].

В последние годы в круг фундаментальных исследований экологических проблем территории России широко вовлечены аэрокосмические методы контроля за состоянием природных и природно-антропогенных экосистем. Появление глобальной компьютерной сети Интернет и разработка передовых информационных технологий открыли новый этап развития космического экологического мониторинга. Особенностью нового этапа является ши-

рокое использование телекоммуникационной инфраструктуры, а также гипертекстовых и интерактивных информационных технологий, которые чрезвычайно перспективны в дистанционном мониторинге состояния окружающей среды. Актуальной является также проблема интегрирования национальных информационных ресурсов по окружающей среде, создание региональных баз данных и расширение электронных коллекций по результатам космического экологического мониторинга.

Развитие технологий наблюдения из космоса, создание инфраструктуры спутникового экологического мониторинга регионов России наряду с разработкой экологической системы контроля в реальном масштабе времени призваны сыграть ключевую роль в обеспечении безопасности окружающей среды и устойчивого развития экономики России.

В связи с этим создаются Центры космического мониторинга (ЦКМ), которые осуществляют оперативный контроль состояния окружающей среды и природных ресурсов (например, Институт солнечно-земной физики РАН в г. Иркутске), создают многоуровневые информационные системы пространственно-временного мониторинга состояния окружающей среды, включающие технические и программные средства сбора, обработки, анализа и хранения спутниковой информации.

Наиболее информативным методом для решения задач дистанционного исследования поверхности Земли из космоса является использование и тематический анализ изображений, полученных приборными комплексами различных частотных диапазонов, установленных на космических аппаратах. Целый ряд спутников, оснащенных приборами дистанционного зондирования (радиолокаторами, скаттерометрами, радиометрами и оптической техникой), выведены на орбиту специально для получения разносторонней геофизической информации, необходимой для оценки состояния окружающей среды и для природоресурсных исследований.

Дистанционные методы зондирования атмосферы делят на активные и пассивные. При использовании активных методов спутник посылает на Землю сигнал собственного источника энергии (лазера, радиолокационного передатчика) и регистрирует его отражение. Радиолокация позволяет «видеть» Землю сквозь облака. Чаще используются пассивные методы, когда регистрируется или отраженная поверхностью энергия Солнца, или тепловое излучение Земли.

Для космического экологического мониторинга целесообразно ориентироваться прежде всего на полярно-орбитальные метеорологичес-

кие спутники как на отечественные аппараты (спутники типа «МЕТЕОР», «ОКЕАН» и «РЕСУРС»), так и на американские спутники серии NOAA.

Космическая гидрометеорологическая система «Метеор», принадлежащая Роскомгидромету, обеспечивает глобальный экологический мониторинг территории России. Параметры орбиты спутника «Метеор» — это приполярная круговая орбита высотой около 1200 км. Комплекс научной аппаратуры позволяет оперативно 2 раза в сутки получать изображения облачности и подстилающей поверхности в видимом и инфракрасном диапазонах, данные о температуре и влажности воздуха, температуре морской поверхности и облаков. Осуществляются также мониторинг озоносферы и геофизический мониторинг.

Российская космическая система «ОКЕАН» обеспечивает получение радиолокационных, микроволновых и оптических изображений земной поверхности в интересах морского судоходства, рыболовства и освоения шельфовых зон Мирового океана. Одной из основных задач спутника является освещение ледовой обстановки в Арктике и Антарктике, обеспечение проводки судов в сложных ледовых условиях.

Спутниковые данные дистанционного зондирования позволяют решать следующие задачи контроля состояния окружающей среды:

1) определение метеорологических характеристик: вертикальные профили температуры, интегральные характеристики влажности, характер облачности и т. д.;

2) контроль динамики атмосферных фронтов, ураганов, получение карт крупных стихийных бедствий;

3) определение температуры подстилающей поверхности, оперативный контроль и классификация загрязнений почвы и водной поверхности;

4) выявление крупных (временных или постоянных) выбросов промышленных предприятий;

5) контроль техногенного влияния на состояние лесопарковых зон;

6) выявление крупных пожаров и пожароопасных зон в лесах;

7) выявление тепловых аномалий и тепловых выбросов крупных производств и ТЭЦ в мегаполисах;

8) регистрация дымных шлейфов от труб промышленных предприятий;

9) мониторинг и прогноз сезонных паводков и разливов рек;

10) обнаружение и оценка масштабов зон крупных наводнений;

11) контроль динамики снежного покрова и его загрязнения в зонах влияния промышленных предприятий;

12) компьютерные методы обработки спутниковых данных;

13) анализ потерь при добыче и транспортировке полезных ископаемых;

14) выявление изменений растительного покрова под влиянием кислотных дождей [3].

Уже в 1980-х гг. в мире появились методы, позволяющие из ближнего космоса получать информацию о температурах поверхности океана, количестве и высоте облаков, влажности верхней тропосферы, скорости ветра и др. В этих целях используют разнообразные радиометры, СВЧ-сканеры, радиовысотометры. Лазеры и лазерные локаторы (лидары) могут быть использованы для измерений газового и аэрозольного состава атмосферы, характеристик облаков и туманов, скорости и направления ветра. Эксимерные лазеры могут быть применены для анализа малых газовых составляющих атмосферы, являющихся одновременно и загрязняющими ее веществами: NH_3 , различных окислов азота, соединений хлора, SO_2 . Лидары на органических красителях применимы для измерения концентраций озона. Необходимо отметить, что разработчики лидарных технологий все чаще фокусируют свое внимание на разработке измерительных систем со значительными сокращениями размеров и массы, потребляемой энергии и степени вовлеченности оператора [1].

Однако космическая техника требует высокой надежности функционирования аппаратуры, совершенной автоматизации сбора и обработки данных, оптимизации устройств передачи и приема информации с аэрокосмических средств наблюдения.

По мнению А.З. Разяпова, развитие большинства хорошо зарекомендовавших себя методов анализа идет по пути улучшения аппаратного оснащения в сочетании с использованием компьютерных технологий и разработкой более совершенного программного обеспечения [8]. Самого пристального внимания заслуживают научные исследования и разработки, направленные на создание принципиально новых аналитических методов, обеспечивающих достижение более высокой чувствительности, селективности и иных важных характеристик количественных измерений. Для систем экологического мониторинга наиболее перспективной является разработка малогабаритной аппаратуры, средств и систем дистанционного зондирования. При разработке переносных приборов экспресс-анализа наиболее важна миниатюризация сенсоров-датчиков для обнаружения и определе-

ния концентраций загрязняющих веществ по геосферам и объектам окружающей среды в режиме реального времени

Следует отметить, что даже в первом десятилетии XXI в. научные исследования и диссертации по результатам анализа атмосферного воздуха, проведенного с использованием автоматических средств контроля, встречаются редко. Основные принципы создания автоматизированных систем наблюдения (далее – АСН) были сформулированы еще в конце 1970-х гг., но немногочисленные научные исследования российских ученых посвящены, как правило, техническим, а не экологическим аспектам проблемы создания АСН.

В доступной нам литературе мы не встретили полноценного анализа экономической эффективности автоматизированных средств контроля по сравнению с действующими практическими схемами мониторинга атмосферного воздуха. Поэтому мы вынуждены ориентироваться на имеющиеся проработки 1970-х гг., в которых показаны плюсы и минусы и тех, и других систем [2]. Конечно, переход на автоматизированные системы наблюдения не может быть дешевым, но представляет качественно иной уровень получения оперативной и достоверной информации по метеоусловиям и распределению загрязняющих веществ. В сущности, процесс получения таких результатов и оповещение государственных структур и населения аналогичен системе предупреждения об аварийных ситуациях, стихийных бедствиях, техногенных катастрофах, реализуемой Министерством по чрезвычайным ситуациям РФ. Поэтому совершенно справедливо утверждение о том, что при оценке экономической эффективности автоматизированных систем следует учитывать не только показатели окупаемости и рентабельности новой техники, но и величину предотвращенного ущерба, который достигается за счет своевременного предупреждения о возникающих опасных ситуациях.

Преимущества автоматизированных систем состоят, прежде всего, в экономии живого труда, в точности и объективности измерений, в скорости получения результата.

Замена человеческого труда при измерении состояния и качества атмосферного воздуха автоматическими приборами и системами приносит большую экономию на эксплуатационных расходах, так как при ручных замерах и лабораторном анализе привлекается много людей, стационарной и передвижной техники. Эти измерения носят субъективный характер, что связано с неточностью измерений и фиксации тех или иных параметров. Ручное измерение не может быть оперативным, поскольку от мо-

мента отбора проб до их обработки и принятия решений проходит немало времени, вследствие чего приходится только констатировать факт выявления неблагоприятной ситуации. Предварительные расчеты показывают, что уже при проведении 3–4 анализов в сутки становится экономически целесообразным использование автоматизированных систем для контроля за текущим состоянием и загрязнением окружающей среды [2].

Процесс подготовки постов, метрологических поверок, передачи информации и повседневной эксплуатации автоматизированных систем наблюдения требует достаточно высокой квалификации обслуживающего персонала. Получаемая информация далеко не всегда востребована, так как вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с загрязнением воздушной среды в населенных пунктах и промышленных центрах, сравнительно невелика. Так, например, в Волгоградской области техногенные катастрофы, сопровождающиеся гибелью или утратой здоровья людей, возникают нечасто. Например, в 2011 г. получено всего 14 прогнозов о периодах неблагоприятных метеорологических условий, более 1/2 которых приходилась на летние месяцы.

Итак, в настоящее время общей тенденцией исследований и их практической реализации становится переход от ручных методов к использованию дистанционных средств и методов анализа воздушного бассейна.

Развитие и совершенствование систем контроля (приборов, оборудования, средств передачи информации) за состоянием атмосферного воздуха идет по всем направлениям:

- 1) происходит постепенный переход от ручного к автоматическому отбору проб;
- 2) меняются масштабы и способы наблюдения – от простых наземных станций к аэрокосмическим средствам наблюдения;
- 3) совершенствуются датчики для определения концентраций конкретных загрязняющих веществ: они становятся более селективными, чувствительными и миниатюрными;
- 4) с развитием электроники значительно улучшаются средства передачи, накопления и обработки информации; совершенствуется программное обеспечение баз данных, систем контроля и оповещения.

В Волгоградской области для наблюдения за состоянием атмосферного воздуха с 2009 г. функционируют автоматизированные системы измерения, использующие электрохимический, хемилюминесцентный и оптический методы. Используемое оборудование произведено либо доработано российским при-

боростроительным предприятием ЗАО «ОП-ТЭК» (г. Санкт-Петербург).

Все анализаторы загрязняющих веществ установлены в специализированные экологические павильоны (в Волгограде — 4 ед., в Волжском — 4 ед.). Это газоанализаторы озона (мод. 3.02П-А), оксида углерода (мод. К-100), диоксида серы и сероводорода (мод. С-310А, мод. СВ-320А), оксида и диоксида азота (мод. Р-310А), аммиака (Н-320), взвешенных веществ (ОМПН-10.0). Все средства измерения ежегодно проходят метрологическую поверку и внесены в Государственный реестр средств измерений РФ. Результаты измерений передаются на единый сервер, установленный в областном комитете по охране окружающей среды, и систематически публикуются в областных докладах о состоянии окружающей среды в Волгоградской области [6].

Характеристики загрязнения атмосферы в зоне действия автоматизированных постов наблюдения Волгограда в 2011 г. представлены в таблице 1.

Совершенно очевидно, что территориальная система наблюдения за состоянием атмосферного воздуха должна представлять собой единый информационно-измерительный комплекс, обеспечивающий своевременное и достоверное получение данных посредством сбора и интегрированной обработки разнородной информации об уровнях содержания загрязняющих веществ на контролируемой территории.

По нашему мнению, трансформация системы автоматизированных систем наблюдения в Волгоградской области и г. Волгограде должна коснуться следующих вопросов:

1. Расширения сети автоматических станций и обеспечения большей репрезентативности получаемых данных.
2. Роста числа параметров атмосферного воздуха, измеряемых в АСН.
3. Создания единого комплекса-сервера, работающего со всеми автоматическими станциями и любыми средствами программного обеспечения.

Таблица 1

Среднегодовые концентрации загрязняющих веществ $Q_{ср}$ в атмосферном воздухе в зоне действия автоматизированных стационарных постов наблюдения в 2011 году, мг/м³

Определяемые вещества	ПДКсс	Расположение поста	$Q_{ср.}$, мг/м ³	$Q_{ср.} / ПДКсс$
Взвешенные в-ва	0,15	Ворошиловский р-н	0,080	0,5
		Дзержинский р-н	0,020	0,1
		Советский р-н	0,020	0,1
		Тракторозаводский р-н	0,020	0,1
Диоксид серы	0,05	Ворошиловский р-н	0,005	0,1
		Дзержинский р-н	0,010	0,2
		Советский р-н	0,014	0,3
		Тракторозаводский р-н	0,002	<0,1
Оксид углерода	3,00	Ворошиловский р-н	0,400	0,1
		Дзержинский р-н	0,300	0,1
		Советский р-н	0,400	0,1
		Тракторозаводский р-н	0,500	0,2
Диоксид азота	0,04	Ворошиловский р-н	0,040	1,0
		Дзержинский р-н	0,020	0,4
		Советский р-н	0,020	0,4
		Тракторозаводский р-н	0,030	0,8
Оксид азота	0,06	Ворошиловский р-н	0,020	0,3
		Дзержинский р-н	0,010	0,1
		Советский р-н	0,010	0,1
		Тракторозаводский р-н	0,010	0,2
Сероводород	—	Тракторозаводский р-н	0,001	—
		Ворошиловский р-н	0,001	—
Озон	0,03	Ворошиловский р-н	0,054	1,8
		Дзержинский р-н	0,050	1,7
		Советский р-н	0,069	2,3
		Тракторозаводский р-н	0,015	0,5

Примечание. Источник: [5].

4. Организации систем оповещения не только государственных структур, но также населения и промышленных предприятий о состоянии атмосферного воздуха и возникающих аварийных и чрезвычайных ситуациях.

В заключение следует отметить, что развитие единой системы наблюдения с внедрением автоматизированных средств измерения должно оставаться одним из приоритетных направлений природоохранной деятельности на территории промышленных городов и населенных пунктов. Непрерывное поступление информации о качестве воздуха позволяет принимать соответствующие природоохранные меры и управленческие решения, направленные на сокращение уровня загрязнения воздушного бассейна.

Примечание

¹ Начало статьи см. в № 2 (2) за 2013 год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агишев, Р. Р. Лидарный мониторинг атмосферы / Р. Р. Агишев. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 316 с.
2. Балацкий, О. Ф. Экономическая эффективность автоматизированной системы контроля загряз-

нения атмосферы при проектировании и строительстве предприятий / О. Ф. Балацкий, Б. Я. Иванов, А. А. Логвинов // Проблемы контроля и защиты атмосферы от загрязнения. — Киев : Наукова думка, 1976. — Вып. 2. — С. 76–80.

3. Голицын, А. Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды / А. Н. Голицын. — М. : ОНИКС, 2010. — 336 с.

4. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2011 году. — Волгоград : СМОТРИ, 2012 — 352 с.

5. Мещеряков, Б. Н. Разработка комплекса авиационно-технических средств мониторинга природных и природно-антропогенных объектов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Мещеряков Борис Николаевич. — М., 2004. — 24 с.

6. Мытарев, М. А. Автоматизированные средства наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории Волгограда и Волжского / М. А. Мытарев // Материалы научной сессии ВолГУ. Естественные науки. — Вып. 1. — Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2011. — С. 147–151.

7. Примак, А. В. Методы и средства контроля загрязнения атмосферы / А. В. Примак, А. Н. Щербань. — Киев : Наукова думка, 1980. — 295 с.

8. Разяпов, А. З. Современные методы и средства контроля загрязнений природной среды / А. З. Разяпов // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов : обзорн. информ. ВИНТИ. — 2011. — № 7 — С. 3–104.