

**Б.Д. Белан, В.Е. Зуев, М.В. Панченко**

## **СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА**

Рассматривается концепция создания системы экологической безопасности региона как более эффективной по сравнению с ныне действующей, построенной по территориально-административному принципу. Обсуждаются основные требования к организации ее структуры, принципу построения, необходимому пространственно-временному разрешению. Описывается возможный состав измерительных комплексов.

Сложившееся исторически территориальное деление России не совпадает по климатическим, физико-географическим, экономическим и другим признакам с административным. Вместе с тем естественные процессы и антропогенные воздействия на природную среду, существенно отличаясь регионально, не укладываются в пределы административных границ. Существующие же системы контроля окружающей среды, даже самые примитивные, строятся по административному принципу и объединяются в целом на уровне государства.

Региональный уровень, который является промежуточным и в пределах которого должны реализовываться природозащитные мероприятия, оказывается «безадминистративным», т.е. на этом уровне нет органа, осуществляющего контроль и анализ обстановки, прогнозирование ее развития и социально-экономических последствий, организующего проведение природоохранных мероприятий. Весь же предыдущий опыт реализации подобных проектов показывает, что природоохранные мероприятия, выполненные в одном или нескольких административных центрах, почти не влияют на обстановку в регионе в целом. Поэтому создание систем экологической безопасности региона (ЭБР) по всей территории России является не просто актуальной, а крайне необходимой задачей, особенно принимая во внимание современную тяжелейшую экологическую обстановку на территории государства. С учетом местных условий можно полагать, что системы ЭБР в каждом регионе не обязательно должны быть одинаковы. В то же время в общей концепции системы экологического мониторинга России региональный уровень не проработан [1].

### **1. Назначение системы ЭБР**

Система предназначена для постоянного контроля за состоянием природной среды региона, включающей атмосферный воздух, акватории водных объектов, подстилающую поверхность с имеющимися на ней растительным покровом и технологическими объектами, для выявления действия естественных и антропогенных факторов, для оценки трансграничного переноса загрязнений через регион и их баланса, для исследования длительных изменений основных объектов среды и климата, для прогнозирования изменчивости перечисленных факторов, для накопления, обработки и длительного хранения данных, составления справочных материалов. Система также должна фиксировать аварии и катастрофы, возникающие в любой из сред, позволять отслеживать (или сопровождать) их последствия и прогнозировать предаварийные ситуации.

### **2. Требования к системе ЭБР**

Система ЭБР должна обеспечивать несколько задач одновременно и отвечать целому ряду требований.

#### **2.1. Режим работы**

Основной режим работы системы ЭБР мониторинговый, в котором задействованы все ее средства. Этот режим обеспечивает оперативной информацией о состоянии атмосферного воздуха, водных объектов, подстилающей поверхности и технологических объектов все заин-

тересованные административные органы. Технология организации самого мониторинга природной среды достаточно отработана и не вызывает трудностей.

Второй режим, который должен обеспечиваться системой, – это режим плановых обследований отдельных природных объектов, населенных пунктов или предприятий. Он выполняется с помощью мобильных средств и предназначен для всесторонней комплексной оценки состояния их природной среды.

Режим «Авария» включается после выдачи одним из элементов системы ЭБР сигнала, превышающего заранее установленный уровень. Режим включается и в случае, если авария произошла на территории соседнего региона, когда на территорию контролируемого поступают ее продукты. В случае аварии ближайшие стационарные посты наблюдений переводятся в режим учащенных измерений, к ее местоположению перемещаются необходимые мобильные средства. Режим «Авария» заканчивается после устранения или локализации ее последствий либо при уходе продуктов на территорию сопредельного региона, о чем информируется соответствующий центр управления сопредельной системой ЭБР.

Режим «Поддержка» создается для расширения функциональных возможностей системы ЭБР. Он заключается в численном моделировании состояния объектов природной среды, включая аварийные ситуации, с целью выработки плана действий при тех или иных обстоятельствах и прогнозировании состояния окружающей среды в текущих и аварийных условиях. В этом же режиме происходит архивация данных и расчет необходимых показателей.

## **2.2. Пространственные и временные масштабы**

Из сопоставления физико-географических особенностей территории России, сложившегося расположения основных промышленных объектов и технических возможностей контролируемых средств (космические аппараты, самолеты-лаборатории, мобильные станции) следует, что каждая индивидуальная система ЭБР, с одной стороны, должна охватывать такую площадь, на которой природные процессы имеют сходный характер, но промышленные зоны не будут разделяться и подпадать под контроль разных систем. С другой стороны, мобильные средства по скорости своего перемещения должны успевать поддерживать мониторинговый режим и попадать в зону возможной техногенной аварии в считанные часы. Проведенные расчеты показывают, что при таком подходе площадь охвата одной системой ЭБР, структура которой предлагается ниже, будет составлять 1,6–2,4 млн. км<sup>2</sup>, что потребует создания от 7 до 11 подобных систем на территории государства.

Пространственное размещение, с которым система ЭБР должна осуществлять контроль состояния природной среды, выполненное по косвенным параметрам (в основном метеорологическим), должно составлять от нескольких метров до нескольких десятков километров по горизонтали и от нескольких метров до нескольких сотен метров по вертикали, что зависит от типа контролируемой среды и местности. Так, в фоновых районах для атмосферного воздуха оно должно быть минимальным, в зоне промышленного центра для той же среды – максимальным. В остальных случаях требуется промежуточное разрешение.

По временному разрешению в системах контроля разных стран применяется несколько вариантов. На первый взгляд, желательно, чтобы измерения проводились с максимально возможной частотой. Но это порождает ряд проблем. Во-первых, в многопрофильных системах сразу же сформируются огромные потоки информации, которые потребуют значительных средств для их обработки и архивации. Во-вторых, это невыгодно с чисто экономических позиций, так как кроме быстрого расходования ресурса приборного парка потребуются создание большой сервисной службы. В-третьих, как показывает опыт эксплуатации систем мониторинга в ряде зарубежных городов, зачастую получаемые данные являются избыточными, так как не несут дополнительной информации. Поэтому, по-видимому, целесообразно обратиться к опыту Всемирной службы погоды, контролирующей ту же природную среду, в которой основные виды наблюдений осуществляются с интервалом 3 ч, более сложные и информативные через 6 ч. В случае же установления чрезвычайных условий применяется учащенный режим измерений с интервалом 0,5 ч.

В системе ЭБР можно рекомендовать те же интервалы.

## **2.3. Контролируемые объекты и параметры**

Основными объектами, для контроля которых создается система ЭБР, являются: атмосферный воздух (состав, примеси, динамика), вода (состав, загрязнение), почва (состав, загрязнение),

растительность (состояние, уничтожение) и технологические объекты (состояние, выбросы), а также технологические аварии (взрывы, прорывы продуктопроводов, несанкционированные сбросы и т.п.) и природные катастрофы (пожары, наводнения, прорывы дамб и т.п.). Для полной и комплексной характеристики указанных объектов должны измеряться следующие параметры:

- термодинамические характеристики атмосферного воздуха, которые определяют стратификацию примесей, их рассеивание и перенос;
- атмосферные осадки как механизм вывода примесей из воздуха и загрязнения подстилающей поверхности;
- газовый и аэрозольный состав атмосферы;
- потоки ультрафиолетового, видимого, инфракрасного, радиоволнового излучения;
- различные параметры атмосферного электричества (потенциал, электропроводность, подвижность ионов и т.п.);
- радиоактивность воздуха и подстилающей поверхности;
- физическое состояние подстилающей поверхности и ее химический состав;
- спектральные характеристики подстилающей поверхности с целью выявления состояния растительности и ее загрязнения;
- спектральные характеристики водной поверхности и замутненность верхнего слоя для оценки ее состояния, степени загрязненности и биопродуктивности;
- температура подстилающей поверхности;
- шумы, вибрации, электромагнитные поля и ионизирующие излучения на территории городов;
- трансграничный перенос загрязнений;
- состояние технологических объектов по принципу «цел/поврежден», состав и объем выбросов постоянных источников, состав, объем и движение аварийных облаков.

### 3. Типовая структура системы ЭБР

Система экологической безопасности региона должна строиться по централизованному или кустовому, в случае большой территории, принципу, и иметь в своем составе три подсистемы: региональную подсистему наблюдений, региональную подсистему телесвязи и подсистему обработки данных, как показано на рис. 1. В настоящем разделе рассматривается в основном первая из них – региональная подсистема наблюдений.

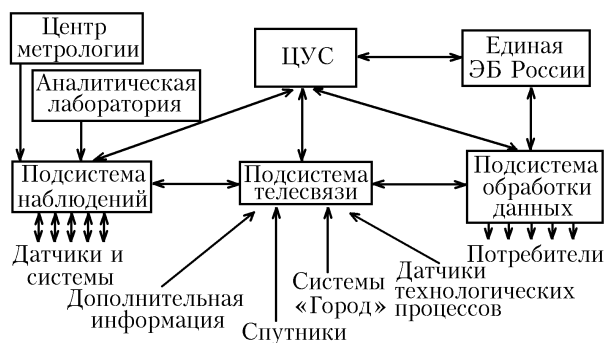


Рис. 1. Типовая структура системы экологической безопасности региона

Вторая подсистема не менее важна для функционирования системы ЭБР в целом. Однако в региональном масштабе она пока не создана, и этот вопрос будет требовать дополнительной проработки при создании каждой из систем ЭБР для конкретного региона, исходя из развитости местных сетей телекоммуникаций. Подсистема обработки данных будет в основном сосредоточена в центре управления системой или в кустовых центрах.

#### 3.1. Региональная подсистема наблюдений

Предназначена для контроля за всеми перечисленными выше параметрами окружающей среды, технологическими объектами и авариями.

Она должна строиться по пространственно распределенному принципу и охватывать диапазон масштабов от микро (несколько метров) до макро (несколько тысяч километров) для получения объективной картины всего региона с достаточным пространственным разрешением.

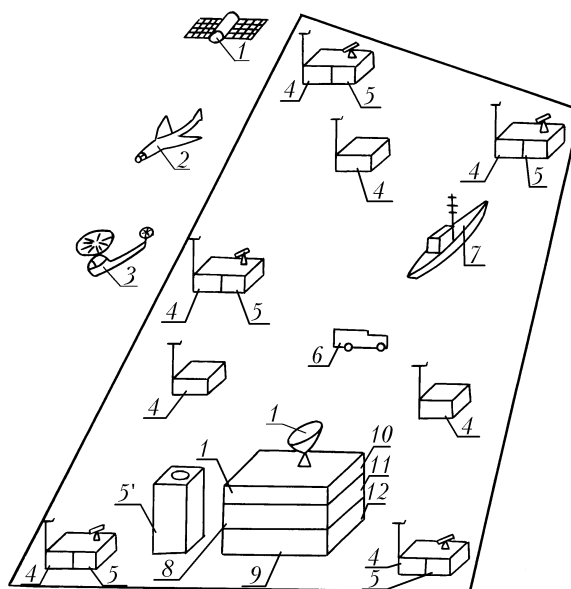


Рис. 2. Структура подсистемы наблюдений: 1 – комплекс приема космической информации; 2 – самолет-лаборатория; 3 – вертолет-лаборатория; 4 – стационарный наземный пост наблюдения; 5 – стационарный тропосферный лидар; 5' – стационарный высотный лидар; 6 – мобильные наземные станции; 7 – корабль-лаборатория; 8 – аналитическая лаборатория; 9 – центр управления системой; 10 – центр метрологии; 11 – центр подсистемы телесвязи; 12 – подсистема обработки и архивации данных

Как уже отмечалось выше, распределение элементов по площади региона должно быть неравномерным. Известно, что основная часть экологически опасных объектов (предприятия, автотранспорт) сосредоточена в городах или представляет собой линейно распределенные объекты (продуктопроводы, ЛЭП и т.п.). Поэтому внутри подсистемы наблюдений следует выделять отдельным блоком подсистемы «Город», имеющие повышенную плотность и несколько иной состав контролирующих элементов, и подсистему «Контроль технологий», опирающуюся на датчики и сигнализаторы, встроенные в технологические линии. Важно отметить, что, если подсистемы «Город» надо еще создавать почти во всех регионах, то подсистемы «Контроль технологий» в том или ином виде имеются практически на всех предприятиях. В этом случае задача сводится к более простому варианту – подключению подсистем «Контроль технологий» к линиям связи для передачи информации в центр управления системой.

По такому же принципу целесообразно решить и проблему контроля термодинамических характеристик атмосферного воздуха, осадков и потоков ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучения, которые измеряются на сети станций Росгидромета и имеются во всех регионах. Задача решается путем подключения линии связи к региональным центрам сбора указанной информации Росгидромета. Организационно она может быть решена за счет обмена информацией между подразделениями Росгидромета и гидрометеорологической информацией, получаемой на пунктах контроля систем ЭБР.

Для обеспечения решения задач региональная подсистема наблюдений должна иметь в своем составе следующие комплексы (рис. 2):

- пункт приема спутниковой информации;
- самолет-лабораторию типа Ан-30 «Оптик-Э»;
- вертолет-лабораторию;
- стационарные посты наблюдений;
- стационарные лидары;
- мобильные станции на базе автомобиля;
- мобильные станции на базе кораблей или амфибий;
- аналитические лаборатории;

- центр управления системой;
- центр метрологии с базовым экспериментальным комплексом.

### *3.1.1. Пункт приема спутниковой информации*

Предназначен для приема спутниковой информации в широком спектральном интервале, которая необходима для оценки состояния природной среды региона по отношению к сопредельным.

В каждой системе ЭБР достаточно одного такого пункта при хорошей работе подсистемы телекоммуникаций. Целесообразно использование одной из модификаций, выпускаемых отечественной промышленностью. В целом же подобная информация будет носить вспомогательный характер.

### *3.1.2. Самолет-лаборатория Ан-30 «Оптик-Э»*

Созданный по Постановлению ГКНТ СССР N 569 от 15 июня 1990 г. для экологического мониторинга природной среды, может стать базовым для всех систем ЭБР. Его функции в системе ЭБР заключаются в проведении постоянного регионального мониторинга, участии в плановых обследованиях, изучении уровня аварий и их последствий.

Самолет-лаборатория Ан-30 «Оптик-Э» оснащен следующими комплексами и системами [2]: навигационной системой с видеопривязкой к местности; метеосистемой; аэрозольным комплексом; газоаналитическим комплексом; лидаром «Макрель-2»; спектрофотометрическим комплексом; тепловизором; актинометрическими датчиками, датчиком гаммафона и электропроводности; бортовой системой регистрации, и может решать почти все задачи, перечисленные в подразд. 2.3.

### *3.1.3. Вертолет-лаборатория*

Вертолет-лаборатория предназначен для обследования локальных природных и технологических объектов, когда самолет-лаборатория в силу высокой скорости полета малоэффективен. Кроме того, на него ложатся функции по периодическому обслуживанию наземных постов, расположенных в труднодоступной местности.

Состав оборудования на вертолете-лаборатории должен быть аналогичным тому, который установлен на самолете-лаборатории Ан-30 «Оптик-Э».

### *3.1.4. Стационарные посты наблюдений*

Посты устанавливаются в наиболее характерных частях региона и предназначены для измерения в приземном слое параметров природной среды. Должны быть оснащены метеосистемой, аэрозольным и газоаналитическим комплексами, актинометрическими датчиками и датчиками радиоактивности, осадков, электропроводности, системой регистрации и передачи данных, системой управления для работы в автономном режиме, системой микроклимата, иметь в составе автоматические устройства отбора проб воздуха, аэрозоля воды и почвы.

Количество постов определяется размером площади, контролируемой каждой системой ЭБР, и экологической обстановкой на территории региона. Для планирования сети таких постов отработанных методик пока не существует. Имеются только теоретические расчеты.

### *3.1.5. Стационарные лидары (лазерные локаторы)*

Предназначены для измерения вертикального распределения концентрации взвешенных веществ ветра и атмосферных газов в двух высотных диапазонах 0–3 и 3–60 км, что определяется их конструктивными особенностями. Получаемая ими информация необходима для расчета трансграничного переноса веществ через регион и оценки положения региона в общей (глобальной) системе переноса загрязнений, определения вертикальной стратификации метеовеличин и примесей [3, 4].

Для каждой системы ЭБР необходимо несколько лидаров, работающих в диапазоне высот 0–3 км, расположенных вдоль границы контролируемой площадки, и как минимум один высотный лидар (3–60 км), расположенный ближе к центру территории.

### *3.1.6. Мобильные станции на базе автомобиля (вездехода)*

Мобильные станции, так же как самолет-лаборатория, наземные стационарные посты и лидары, относятся к основным элементам региональной подсистемы наблюдений. По составу оборудования мобильные станции аналогичны комплекту стационарного поста с некоторым дополнением.

Возможны два варианта дополнения.

В первом варианте мобильные станции дополняются аналитическими комплексами для анализа проб воздуха, воды и почвы с целью расширения набора измеряемых параметров. Этот вид измерений не является оперативным, но при периодическом регулярном появлении станций в одном и том же месте их можно отнести к мониторинговым.

Во втором варианте в мобильной станции устанавливается СКР-лидар для дистанционного зондирования состава и объема выбросов из высоко расположенных источников (высокие трубы, газовые факелы, очаги пожара при авариях и т.п.), что невозможно сделать другими средствами [5].

Для каждой из систем ЭБР необходимо несколько таких мобильных станций, контролирующей свою часть территории. Нетрудно прийти к выводу, что такие станции предназначены для комплексных плановых обследований и контроля аварийных ситуаций. Их количество определяется площадью территории и ее насыщенностью промышленными и технологическими объектами.

### *3.1.7. Мобильные станции на базе кораблей и амфибий*

Учитывая разнообразие физико-географических условий даже в пределах одного региона, в ряде случаев для расширения района работ имеет смысл заменить один носитель научного оборудования на другой. Так, например, для территории Западной Сибири, где местность на значительных пространствах заболочена и где много средних и малых рек, целесообразно помимо автомобильных носителей применять небольшие корабли типа «Заря», катера и амфибии. Состав научного оборудования при этом не изменяется, но проникнуть они могут во многие районы, которые недоступны другим средствам передвижения.

### *3.1.8. Аналитические лаборатории*

В настоящее время в природную среду в том или ином виде поступает до 60000 химических веществ. Естественно, что такое количество компонент не может быть проконтролировано с помощью оперативно работающих приборов. Поэтому для знания гаммы веществ, загрязняющих природную среду в том или ином месте региона, необходима организация отбора проб воздуха, воды, почвы, растительности с последующим их анализом в лабораториях с широким набором аналитического оборудования. Пробы должны отбираться с помощью вышеперечисленных мобильных комплексов и на стационарных постах.

В каждой системе ЭБР может быть несколько аналитических лабораторий, которые будут обслуживать посты и мобильные комплексы по территориальному принципу. Целесообразно, чтобы они использовали одинаковые приборы и методики для сопоставимости данных. В этом случае необходима и синхронизация времени отбора, по крайней мере, на стационарных постах.

Для экономии средств, учитывая имеющиеся на территории каждого региона НИИ, вузы, инспекции, целесообразно использовать созданные в них лаборатории с приданием им соответствующего статуса.

### *3.1.9. Центр управления системой*

Центр управления системой ЭБР (ЦУС) предназначен для решения ряда задач: во-первых, для управления всей системой в целом, включая перевод ее в режим учащенных измерений или в режим «Авария»; во-вторых, для планирования и организации плановых обследований; в-третьих, для организации работы подсистемы телесвязи; в-четвертых, он является базой для развертывания подсистемы обработки данных. При контроле значительной территории возможно создание кустовых центров (ЦУС-ЭК), которые будут выполнять указанные функции для части территории, передавая в основной ЦУС-Э уже обработанную информацию. На

ЦУС-Э возлагается и взаимодействие с управленческими структурами отдельных территорий и государства, с потребителями информации.

Размещение ЦУС-Э желательно в населенном пункте с хорошо развитой системой телекоммуникаций, ближе к центру контролируемой территории. Конкретная его реализация может быть различной в каждой системе ЭБР.

### *3.1.10. Центр метрологии с базовым экспериментальным комплексом*

Для унификации и стандартизации измерений внутри системы ЭБР, для периодической проверки и поверки оборудования в каждой из систем необходимо создание центра метрологии. Это обеспечит существенное сокращение расходов по эксплуатации системы ЭБР только за счет транспортных расходов, так как имеющееся размещение таких центров тяготеет в основном к центральным городам, что вызовет частые и, главное, протяженные перевозки для некоторых систем ЭБР через всю страну.

Базовый экспериментальный комплекс (БЭК) должен создаваться при центре метрологии, что определяется особенностями самого объекта контроля – природной среды. Дело в том, что многие приборы и оборудование можно апробировать или аттестовать только в природных условиях. Это же касается и отработки многих методик контроля природных объектов. Конкретных рекомендаций по созданию таких комплексов пока нет, за исключением рабочего проекта БЭК, разработанного в ТО ВНИИПИЭТ по заказу ИОА СО РАН.

### *3.1.11. Подсистема «Город»*

Эта подсистема предназначена для оперативного контроля состояния воздушного бассейна крупных промышленных центров, где имеется много точечных и распределенных источников выбросов.

Типовая схема ее разработана в ИОА СО РАН и отличается от всех известных, как отечественных, так и зарубежных, тем, что сочетает в себе два принципа, по которым обычно строятся подобные системы: пространственно распределенный и ориентированности на источники. Ориентированными на источники являются аэрозольные стационарные лидары и широкоформатный спектрофотометр «Взор», которые отслеживают перемещения шлейфов над городом. Роль пространственно-репрезентативных элементов выполняют стационарные посты, аналогичные вышеописанным (п. 3.1.4), в которые добавляются датчики шумов, вибраций, излучений в некоторых районах города.

Кроме перечисленных, в состав системы «Город» входят мобильные станции, подобные описанным в п. 3.1.6, акустический локатор для определения вертикальной стратификации термодинамических параметров атмосферы и центр управления с системой местных телекоммуникаций.

Указанная подсистема должна подключаться к региональной подсистеме наблюдений в качестве кустовой, что предусматривает первичную обработку в ее ЦУСе. Детальное описание системы имеется в [6].

### *3.1.12. Подсистема технологических датчиков*

На многих предприятиях в технологических линиях имеются датчики хода процессов или сигнализаторы превышения критических уровней, которые подключены к соответствующим пультам. По-видимому, от предприятий, технологические процессы которых аварийно-опасны, сигналы от датчиков и сигнализаторов должны поступать в систему ЭБР. В городах это может быть достигнуто включением их в систему «Город». Вне городов требуется ввод сигналов в одну из телекоммуникационных ветвей.

## **3.2. Региональная подсистема телекоммуникаций**

Подсистема предназначена для сбора информации от элементов подсистемы наблюдений, для управления работой этих элементов, приема информации от внешних по отношению к системе ЭБР источников, обмена информацией с другими службами и потребителями.

В настоящее время можно рассматривать четыре возможных канала связи: радиоканал «объект–объект», радиорелейный, радиоканал «объект–спутник–объект» и телефонный. По-

видимому, при создании подсистемы телекоммуникаций целесообразно использование каждого из них, положив в основу принципы надежности и экономичности. При этом принцип надежности должен быть приоритетным.

Наиболее вероятно, что при создании данной подсистемы будет использоваться комбинация каждого из перечисленных каналов. Так, в системе «Город», по имеющимся сейчас сведениям, лучше использовать телефонные каналы. Для мобильных средств наиболее оптимально использование радиоканала «объект–объект». При сборе информации в ЦУС, вероятно, придется использовать радиорелейный канал и радиоканал «объект–спутник–объект».

В связи с тем, что по каналам связи будут циркулировать большие потоки информации, узлы нижнего уровня, связанные с датчиками, должны проводить первичную обработку данных и ее уплотнение перед посылкой в сеть.

В целом же построение этой подсистемы будет во многом определяться развитием местных линий телекоммуникаций, которые в настоящее время активно развиваются и определяют облик подсистемы.

### **3.3. Региональная подсистема обработки данных**

Предназначена для сбора, накопления, хранения и обработки поступающей по телекоммуникационным каналам информации и является составной частью ЦУС-Э.

Центральным элементом подсистемы является комплекс мощных современных компьютеров, объединенных в локальную сеть.

На центральном комплексе разворачиваются основные блоки:

- базы данных;
- программное обеспечение, основное и прикладное;
- региональные математические модели, позволяющие диагностировать и прогнозировать состояние природной среды;
- экспертные системы;
- вспомогательные базы данных;
- подсистема представления результатов.

Выходными материалами подсистемы являются:

- оперативная информация для принятия в необходимых случаях срочных природоохранных или организационных мероприятий;
- справочная информация, как климатическая (многолетняя), так и выборочная, интересующая только отдельных потребителей;
- картографический материал;
- сведения о трансграничном переносе загрязнений и их балансе по административным территориям;
- сведения о долговременных изменениях различных характеристик природной среды для принятия решений о социально-экономическом развитии территорий.

При создании подсистемы обработки данных, учитывая отечественное отставание в области вычислительной техники, ориентироваться следует на ее зарубежные образцы.

## **4. Приборное и технологическое обеспечение систем ЭБР**

В разд. 3.1 были перечислены элементы системы ЭБР и состав комплексов, входящих в каждый из них. В настоящем разделе рассмотрим состав комплексов. При их создании желательно максимально унифицировать их комплектность, чтобы достигнуть сопоставимости результатов, облегчить их метрологию и обслуживание, снизить себестоимость системы при оптовых закупках оборудования.

### **4.1. Измерение термодинамических характеристик**

Измерение целесообразно реализовать по двум направлениям:

- 1) для получения общей информации по региону подключиться к информационной сети Росгидромета;
- 2) для измерения на мобильных комплексах и стационарных постах (в первую очередь таких основных параметров, как давление, температура, влажность воздуха, скорость и направление ветра) использовать датчики, выпускаемые отечественной промышленностью, с подключением их к основным измерительным комплексам перечисленных средств.



В целом этот измерительный блок не вызывает вопросов и может быть решен полностью на отечественном оборудовании с привлечением российских предприятий.

#### **4.2. Измерение атмосферных осадков**

В настоящее время проводится измерение количества и интенсивности осадков, их химического состава. Однако осуществляется оно на примитивном оборудовании, процесс не автоматизирован. Насколько нам известно, и за рубежом процесс автоматизации не вышел за пределы лабораторий. В то же время информация об осадках, особенно об их химическом составе, очень важна, так как при экологическом мониторинге дает информацию об уровне загрязнения воздуха, о балансе примесей над регионом, о количестве веществ, поступающих на водную и земную поверхность и растительность. Поэтому крайне необходима разработка автоматических осадкомеров с устройством накопления проб для анализа в лаборатории.

#### **4.3. Аэрозольные комплексы**

Аппаратура предназначена для измерения массовой и счетной концентрации взвешенных веществ, их химического и дисперсного состава.

Для измерения массовой концентрации аэрозоля наиболее целесообразно применять фотоэлектрический нефелометр ФАН (ОМЗ, Загорск) с предварительной метрологической аттестацией.

Для контроля счетной концентрации и дисперсного состава частиц необходимо сочетание фотоэлектрических счетчиков типа ПК-ГТА (Выборгский приборостроительный завод) и диффузионных батарей (ИХКГ СО РАН) или электростатических анализаторов (TSI, США).

Химический состав аэрозоля пока никем в мире оперативно не измеряется. Поэтому здесь, вероятно, приемлем классический подход: концентрирование частиц с последующим анализом в лаборатории. Для применения этого метода в системе ЭБР необходима разработка автоматического заборника аэрозоля.

#### **4.4. Газоаналитические комплексы**

Учитывая широкую гамму газов, наблюдающихся в атмосферном воздухе, их контроль следует осуществлять по двум методикам: по оперативной и с предварительным концентрированием и анализом в лаборатории.

Оперативным измерениям должна подвергаться концентрация основных загрязняющих газов: CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>. Для их измерения имеются серийно выпускаемые приборы. В некоторых районах имеются регулярные выбросы специфических газов, таких как фенол, формальдегид. Однако серийных, оперативно работающих газоанализаторов отечественная промышленность пока не выпускает. По-видимому, ориентироваться придется на зарубежные приборы.

Для регулярного контроля большего количества газов необходима установка на мобильных комплексах и в стационарных постах автоматических устройств отбора проб с предварительным концентрированием. Дальнейший анализ проб необходимо проводить в аналитических лабораториях. Концентрирование же позволит снизить порог обнаружения отдельных газов.

#### **4.5. Измерение потоков электромагнитного излучения**

В настоящее время отечественная промышленность выпускает набор приборов для контроля потоков видимого и инфракрасного диапазона. Для ультрафиолетового и радиоволнового диапазонов необходима доработка имеющихся в ряде организаций лабораторных макетов или закупка зарубежных датчиков. Этой проблеме пока мало уделялось внимания, но она очень важна с позиций учета долговременных трендов и влияния загрязнений на радиационный баланс и изменение климата.

#### **4.6. Измерение параметров атмосферного электричества**

Электрические процессы в атмосфере играют существенную роль. Однако многие ее аспекты еще недостаточно изучены. Проблема заключается в том, что нет серийных приборов, а лабораторные макеты изготовлены на низком уровне. Для реализации этого блока измерений необходима разработка и изготовление автоматических датчиков потенциала и электропроводности. Для измерения подвижности ионов можно использовать приборы фирмы TSI (США).

#### **4.7. Измерение радиоактивности воздуха и почвы**

После Чернобыльской аварии этот вид измерений получил интенсивное развитие. На ряде отечественных предприятий налажен выпуск широкой гаммы датчиков. Поэтому больших проблем в организации этого блока не имеется. Необходимо создать или встроить существующие датчики в основные измерительные системы.

#### **4.8. Измерение характеристик подстилающей поверхности**

Реализация этого блока может осуществляться также по двум направлениям.

Первое – отбор проб почвы, воды и растительности с последующим анализом в лаборатории.

Второе – применение спектрофотометров, радиометров, тепловизоров, лидаров, установленных на самолете-лаборатории и вертолете-лаборатории.

Из перечисленных устройств серийно выпускаются только тепловизоры. Остальные комплексы изготовлены в виде макетов в ряде отраслевых и академических НИИ. Так как этот вид измерений не является массовым, то решение проблемы видится в использовании указанных макетов с доработкой их надежности.

#### **4.9. Лидары**

В настоящее время лидарные комплексы разрабатываются в ИОА СО РАН, ИКИ РАН, ГГО, ЦАО, ИЭМ, ИПГ, ГИПО. Многие из них могут применяться в системе ЭБР. Проблема заключается в их метрологической аттестации. Тиражирование может быть организовано в КТИ «Оптика».

Прообразом высотных лидаров (3–60 км) может стать станция высотного зондирования, работающая в ИОА СО РАН.

#### **4.10. Контроль технологических объектов**

Может быть организован двумя способами: подключением датчиков, имеющихся в технологических линиях, к системе ЭБР и с помощью самолета- и вертолета-лаборатории с использованием дистанционных средств. В последнем случае необходимы небольшие доработки бортовых комплексов.

#### **4.11. Автоматизация измерений**

Для оперативной работы мобильных средств и автономной работы стационарных постов желательно, чтобы измерения были максимально автоматизированы. Опыт работы с отечественными средствами автоматизации показывает, что они имеют для этой цели крайне низкую надежность и требуют постоянного сервисного обслуживания. Для удешевления процесса эксплуатации и повышения надежности целесообразно эту часть измерительных систем собирать на зарубежной технике.

### **Заключение**

В настоящей статье изложены лишь наиболее общие, концептуальные подходы к созданию системы экологической безопасности региона. Вряд ли стоит ожидать, что такие системы станут сразу же создаваться по всей территории России. По-видимому, целесообразно проверить основные идеи на базе какого-то отдельного региона. Таким регионом, по нашему мнению, может стать территория Западной Сибири. Этому способствуют следующие обстоятельства. Под эгидой Сибирского отделения РАН действует программа Климато-экологического мониторинга Сибири, объединяющая многие НИИ, как академические, так и отраслевые. На территории Западной Сибири создана и действует станция высотного зондирования атмосферы, имеются набор тропосферных лидаров, самолет-лаборатория Ан-30 «Оптик-Э», мобильные наземные станции на базе автомобилей. Административные органы областей объединены общей региональной идеей в рамках «Сибирского соглашения», что во многом позволило бы облегчить решение ряда организационных вопросов.

1. Кимстач В.А., Фридман Ш.Д., Дмитриев Е.С. и др. // Метеорология и гидрология. 1992. N 10. С. 5–18.
2. Зуев В.Е., Белан Б.Д., Кабанов Д.М. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 5. N 10. С. 1012–1021.
3. Зуев В.В., Зуев В.Е. Лазерный экологический мониторинг газовых компонент атмосферы. М.: ВИНТИ, 1992. Т. 20. 190 с.
4. Зуев В.Е., Зуев В.В. Дистанционное оптическое зондирование атмосферы. СПб.: Гидрометеоздат, 1992. 232 с.
5. Аршинов Ю.Ф., Бобровников С.М., Шумский В.К. и др. // Оптика атмосферы и океана. 1992. Т. 5. N 7. С. 726–733.
6. Балин Ю.С., Белан Б.Д., Надеев А.И., Панченко М.В. // Там же. 1994. Т. 7. N 2. С. 163–174.

Институт оптики атмосферы СО РАН,  
Томск

Поступила в редакцию  
6 декабря 1995 г.

**B. D. Belan, V. E. Zuev, M. V. Panchenko. A System of Regional Ecological Safety.**

The conception of creation of a system of regional ecological safety more efficient than it is in service today and oriented to administratively manageable territories is treated in the paper. The main requirements to its structure and necessary spatial-temporal resolution are discussed. The possible instrumentation complexes are described.