

Направления развития информационных систем мониторинга атмосферного воздуха

Павлий В.А., Бабакина А.А.

Донецкий национальный технический университет,
pavliy@cs.dgtu.donetsk.ua, yfcnz@ua.fm

Abstract

Pavliy V., Babakina A. "Advancement directions of information systems for atmospheric air"
This paper gives analysis of recommendations of international and governmental levels on upgrading of existing atmosphere monitoring networks in EECCA countries. Main information systems design principles for environmental monitoring in Europe are reviewed. A distributed multi-tier structure of ecological and atmospheric monitoring information system is suggested. In Ukraine it can be formed at regional and state levels.

Keywords: air pollution, remote sensing, structure of system for atmospheric monitoring.

Введение

Проблема контроля качества атмосферы является приоритетным направлением современного экологического мониторинга. Увеличение выбросов от стационарных и передвижных источников приводит к ухудшению качества атмосферы в городах. Исходя из этого, непрерывное наблюдение за состоянием атмосферы является важным инструментом для управления качеством воздуха, своевременного предупреждения о неблагоприятных метеорологических и возможных выбросах в атмосферу, возникших в результате аварий на предприятиях и своевременного информирования населения о состоянии окружающей природной среды (ОПС).

Контроль качества атмосферы в разных странах осуществляют субъекты экологического мониторинга. На Украине, как и в подавляющем большинстве других стран Восточной Европы, Кавказа, Центральной Азии (ВЕКЦА), государственным субъектом экологического мониторинга является гидрометеорологическая служба. Ее посты контроля загрязнения воздуха образуют единую сеть мониторинга по всей территории страны. Эта сеть разрабатывалась с учетом единых требований нормативных документов стран бывшего СССР в начале 60-х годов прошлого века. В середине 90-х годов на Украине был принят ряд законодательных документов [1, 2 и др.], в которых сформулированы основные задачи, предъявляемые к системам мониторинга на государственном и региональном уровнях. После этого законодательная и нормативная базы документов в области экологического мониторинга существенно не обновлялись.

Сегодня гидрометеослужбой Украины осуществляются непрерывные наблюдения за концентрациями 33 загрязняющих веществ, при

этом количество измерений в год составляет около 800 тыс. Одновременно производятся наблюдения за основными метеорологическими параметрами. В большинстве случаев измерения производятся вручную на стационарных постах мониторинга, которые представляют собой специально оборудованные павильоны [3]. При этом периодичность измерений составляет 6 часов. Полученные таким образом данные обобщаются и сохраняются преимущественно на бумажных носителях. Субъекты мониторинга могут также осуществлять ввод информации в ЭВМ, однако используемое ими программное обеспечение (ПО) и форматы представления данных были разработаны еще в середине 80-х годов и сегодня считаются крайне устаревшими. Наиболее распространенным форматом обмена экологической информацией, как на Украине, так и в ряде стран бывшего СССР, считается формат Автоматической Системы Обработки Информации Загрязнения Атмосферы (АСОИЗА). В соответствии с [3] файл в формате АСОИЗА хранит информацию о наблюдениях продолжительностью 1 месяц. Наблюдаемые данные используются субъектами мониторинга для составления информационных бюллетеней, которые, в свою очередь, используются в государственных и межведомственных структурах при принятии решений в области экологической безопасности.

Подобная система сбора и обработки данных о состоянии окружающей среды имеет множество недостатков. Наиболее очевидными недостатками являются низкая оперативность реагирования на опасные ситуации, слабая информированность лиц, принимающих решения, ограничение доступа к информации, а также недостаточно надежный способ ее сохранения.

Рекомендации по модернизации национальных систем мониторинга государственного и регионального уровней

Недавно Украиной был подписан ряд международных соглашений о присоединении к европейской сети наблюдений и обработки данных о состоянии ОПС. Это привело к необходимости внедрения единого методологического подхода и рекомендаций комиссии ЕЭК ООН по модернизации государственной и региональных систем мониторинга ОПС для стран ВЕКЦА. В рамках совещаний Рабочей группы по мониторингу окружающей среды ЕЭК ООН значительное внимание уделяется вопросам мониторинга атмосферного воздуха в Европе. В частности, в источнике [4] подчеркивается необходимость создания в странах ВЕКЦА на государственном уровне взаимосвязанных информационных систем для контроля качества атмосферного воздуха, включая справочные центры и Data-центры, используя для этого руководящие принципы и инструменты Европейского Агентства по Окружающей Среде (ЕАОС). В источнике [5] изложены основные принципы адаптации к современным условиям существующих сетей мониторинга в странах ВЕКЦА, в том числе и на Украине. Принятые Украиной международные обязательства, в соответствии с подписанными договорами, требуют серьезной перестройки национальных систем экологического мониторинга в течение нескольких ближайших лет.

Исходя из международных норм, системы экологического мониторинга государственного и регионального уровней должны обеспечивать:

- непрерывный мониторинг [6] основных экологических показателей ОПС, а именно: процессов изменения климата, разрушения стратосферного озонового слоя, загрязнения воздуха и воздействия загрязняющих примесей на население, состояния морских, внутренних и поверхностных вод и т.д.;
- обеспечение свободного доступа [4, 6] для общественности к актуальной экологической информации с использованием современных информационных технологий;
- применение автоматических средств контроля, газоанализаторов, метеостанций при поддержке соответствующего ПО, в случае если наблюдаемым величинам свойственны быстрые изменения [7];
- проведение измерений согласно требованиям нормативных документов европейского уровня [8] и контроль качества измерений [7];
- создание станций мониторинга для измерения качества воздуха и атмосферных осадков в рамках Совместной программы

наблюдения и оценки распространения примеси в атмосфере на большие расстояния [7];

- расширение компьютерных сетей и информационных ресурсов для облегчения обмена информацией между учреждениями, использование совместных баз данных и программного обеспечения на всех уровнях правительственных органов [4];

- моделирование процессов рассеивания примеси с применением современных методов обработки данных [4, 9];

- совместимость с информационными технологиями, разрабатываемыми ЕАОС, в частности Глобальной системой поиска экологической информации [10], европейской сетью наблюдения и информации по окружающей среде (EIONET) [5], базой данных КИД [5], европейской сетью мониторинга вод EUROWATERNET, системой подготовки отчетов REPORTNET и т.д.

В процессе модернизации национальной системы мониторинга и внедрения подобных информационных систем актуальным является вопрос о совмещении руководящих принципов и международных норм [4-10] с требованиями, выдвигаемыми в Украине и изложенными в документах [1 – 3 и др.].

Сегодня нормативным документом [1], действующим на территории Украины, четко определены задачи экологического мониторинга в области контроля загрязнения атмосферы:

- долгосрочный непрерывный контроль состояния ОПС;
- анализ экологического состояния ОПС и прогноз его изменений;
- информационная и аналитическая поддержка принятия решений в области охраны ОПС, рационального использования природных ресурсов и экологической безопасности;
- информационное обслуживание органов государственной власти, органов местного самоуправления, а также информационное обеспечение населения и международных организаций.

Наблюдения за качеством атмосферы в соответствии с документом [2] включают:

- первичные данные контроля над выбросами и наблюдения за состоянием загрязнения атмосферного воздуха;
- обобщенные данные об уровне загрязнения на определенной территории за определенный промежуток времени;
- обобщенные данные о составе и объемах выбросов загрязняющих веществ;
- оценку уровней и степени опасности загрязнения для ОПС и жизнедеятельности населения;
- оценку состава и объемов выбросов загрязняющих веществ.

Сравнительный анализ международных и государственных норм к построению систем экологического мониторинга показал, что международные требования являются более общими, однако требующими значительных трудозатрат по усовершенствованию государственных систем мониторинга, которые действуют в большинстве стран ВЕКЦА. Помимо этого, в международных рекомендациях подчеркивается значимость применения информационных технологий для автоматизации измерительных процессов и процессов моделирования, разработки протоколов обмена информацией и совместного использования пространственных баз данных, геоинформационных систем (ГИС), и IT-технологий. Все это способствует развитию информационных экологических сетей и разработке государственных и региональных систем нового технического уровня в области экологического мониторинга.

Большое внимание на международном уровне уделяется также качеству проводимых измерений и его контролю. Для этого, в соответствии с рекомендациями документа [8] измерительное оборудование должно проходить обязательную сертификацию и регулярную поверку в международных сертификационных центрах. Повышенного внимания также требует вопрос о совместимости систем национального уровня с действующими проектами ЕАОС.

Вместе с тем, требования, предъявляемые к системам мониторинга на национальном уровне, дают более детальное представление, учитывающее информационные потребности конкретных стран. Указанные требования часто оказываются концептуально сопоставимыми с рекомендациями международного уровня. Например, систематизация наблюдений, анализ информации и информационное обеспечение пользователей, изложенные в документах [1 – 2], сформулированы с учетом рекомендаций международного уровня.

Анализ информационных систем мониторинга и обмена данными о состоянии ОПС в Европе

Ранее отмечалось, что одним из основных вопросов, которые рассматриваются на этапе включения некоторых стран ВЕКЦА и новых независимых государств (ННГ) в европейские сети мониторинга ОПС, является совместимость подходов при обмене информацией в системах мониторинга национального и международного уровней. Разработкой информационных систем мониторинга ОПС на европейском уровне и их поддержкой занимаются ведущие организации, например, Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО) и ЕАОС.

Одной из основных задач ЕАОС является координирование работ в области мониторинга ОПС всех стран-участников. Для решения этой задачи используются последние достижения в области информационных технологий. Одним из перспективных проектов ЕАОС по данному направлению является разработка европейской сети мониторинга ОПС EIONET.

Сегодня в проекте EIONET участвует около 30 стран, еще 6 поддерживают активное сотрудничество. Регулярную поставку данных координируют более 900 экспертов из разных стран, обладающих определенными правами в соответствии с уровнем доступа.

Сеть EIONET является одновременно и сетью организаций, образованных странами-участниками и международными структурами, и электронной сетью, которая необходима для их взаимодействия. Она ориентирована, в первую очередь, на обмен данными мониторинга ОПС в различных сферах, которые включают:

- данные наблюдений за состоянием атмосферного воздуха и климата;
- данные биологического разнообразия;
- данные земельных ресурсов;
- данные ресурсов и утилизации отходов;
- данные наблюдений за состоянием внутренних и поверхностных вод.

Поскольку указанные категории данных имеют существенный объем, электронная сеть EIONET (eEIONET) использует пирамидальную структуру поставки данных, в соответствии с которой первичные данные сосредотачиваются только на нижнем уровне. При этом на верхних уровнях доступна лишь общая информация и имеются ссылки на детальное представление. Для обмена данными на разных уровнях между странами-участниками применяется межсетевой шлюз REPORTNET.

В состав eEIONET входит центральное хранилище данных (Data-center), справочные, информационные и координационные центры, а также множество программных систем, которые осуществляют сбор и анализ поставляемой информации. В качестве примера подобной системы следует выделить Глобальный Каталог Источников данных (CDS), клиентскую часть которого, WinCDS, распространяет ЕАОС среди стран-участников EIONET. Помимо CDS, в eEIONET включена поддержка многоязычного интерфейса, ПО для создания информационных порталов Portal Tools Kit (PTK) и т.д.

Ввиду разных уровней информационного развития непосредственных стран-участников обмен данными в сети eEIONET осуществляется разными способами, включая ручную поставку данных. Количество наблюдаемых параметров, виды загрязнителей и частота поставки данных определяются возможностями конкретных стран-участников. За качество поставляемых

данных и проводимых измерений отвечает национальный центр конкретной страны.

Принципиально новый подход слежения за состоянием атмосферы, который основан на технологиях дистанционного зондирования, был предложен и используется совместно ВМО и Национальным управлением по аэронавтике и исследованиям космического пространства (НАСА). Идея спутникового дистанционного зондирования не является новой и заключается в регистрации характеристик отраженных от поверхности Земли разных полей (оптических, акустических, инфракрасных), посылаемых спутником. Технология основана на различиях спектрального состава при прохождении волны определенной длины в различных загрязнителях атмосферного воздуха и потому может быть использована для косвенного измерения концентрации вещества. Помимо наблюдения за состоянием атмосферы и поверхностных вод указанная технология позволяет оценивать структуру рельефа, составлять карты лесных пожаров, наводнений и т.д.

Одним из перспективных проектов ВМО и НАСА является проект ГЕОНетКаст, который позволяет совместить технологию глобального обмена любыми данными по спутниковым каналам связи с технологиями дистанционного зондирования. Данный проект дает возможность проводить комплексный мониторинг в режиме реального времени с накоплением наблюдаемых значений в комплексной ГИС. При этом объем данных и точность проводимых измерений за последние 10 лет по данным [11] существенно возросли. Если к 2000 году удалось получить карту поверхности планеты, имеющую точность изображения рельефа ± 10 м [12], то новейшие технологии (QuickBird, Ikonos и др.) достигают разрешающей способности 0,61 м [13]. Объемы наблюдаемых данных возрастают квадратично с уменьшением разрешающей способности, и сегодня ежегодный прирост данных составляет от одного до нескольких десятков петабайт.

Следует отметить, что использование указанных технологий сопряжено с большими финансовыми затратами, что для ряда стран ВЕКЦА сегодня недоступно. Эти технологии не призваны полностью вытеснить наземные сети мониторинга, а позволяют существенно их расширить. Именно поэтому вопрос адаптации национальных сетей мониторинга стран ВЕКЦА к требованиям европейского уровня является актуальным.

Перспективы информационного развития государственной системы мониторинга атмосферы в Украине

Обобщение рассмотренных требований международного и государственного уровней позволяет определить задачи экологического

мониторинга атмосферы, которые могут быть решены с применением информационных технологий:

- использование пространственных баз данных для сбора и хранения информации о загрязнении атмосферы, метеорологических показателей, привязанных к конкретным пространственным объектам;

- разработка подсистем экологического мониторинга атмосферы для информационной поддержки принятия решений в области экологической безопасности и обеспечения программно-аналитического решения задач государственного и регионального уровней;

- разработка стандартов и протоколов для обмена информацией между подсистемами экологического мониторинга всех уровней, включая протоколы передачи информации, получаемой на автоматизированных постах экологического мониторинга, и протоколы передачи информации на международный уровень;

- использование объединенных служб глобального распространения данных [14], глобальных систем телесвязи [15] для передачи информации на международном уровне;

- разработка программных интерфейсов для организации взаимодействия пользователей с подсистемами мониторинга с учетом уровня доступа.

Решение указанных задач экологического мониторинга возможно в информационной системе, выполняющей следующие функции:

- сбор и сохранение в пространственной базе данных информации, поступающей от субъектов мониторинга и автоматизированных постов мониторинга;

- автоматическое оповещение персонала регионального уровня в случае возникновения опасных ситуаций путем оперативного анализа информации в режиме реального времени;

- информационная и аналитическая поддержка принятия решений в области экологического мониторинга на всех уровнях;

- предоставление отчетной, графической картографической информации пользователям системы на всех уровнях в соответствии с правами доступа;

- решение типовых задач (моделирование полей концентраций, прогноз динамики изменения концентраций) на всех уровнях;

- совместимость с подобными системами международного уровня;

- защита информации.

Исходя из указанных задач, современная информационная система мониторинга качества атмосферы, которая может формироваться на региональном и государственном уровне в Украине, представима в виде распределенной многоуровневой структуры (рис. 1).

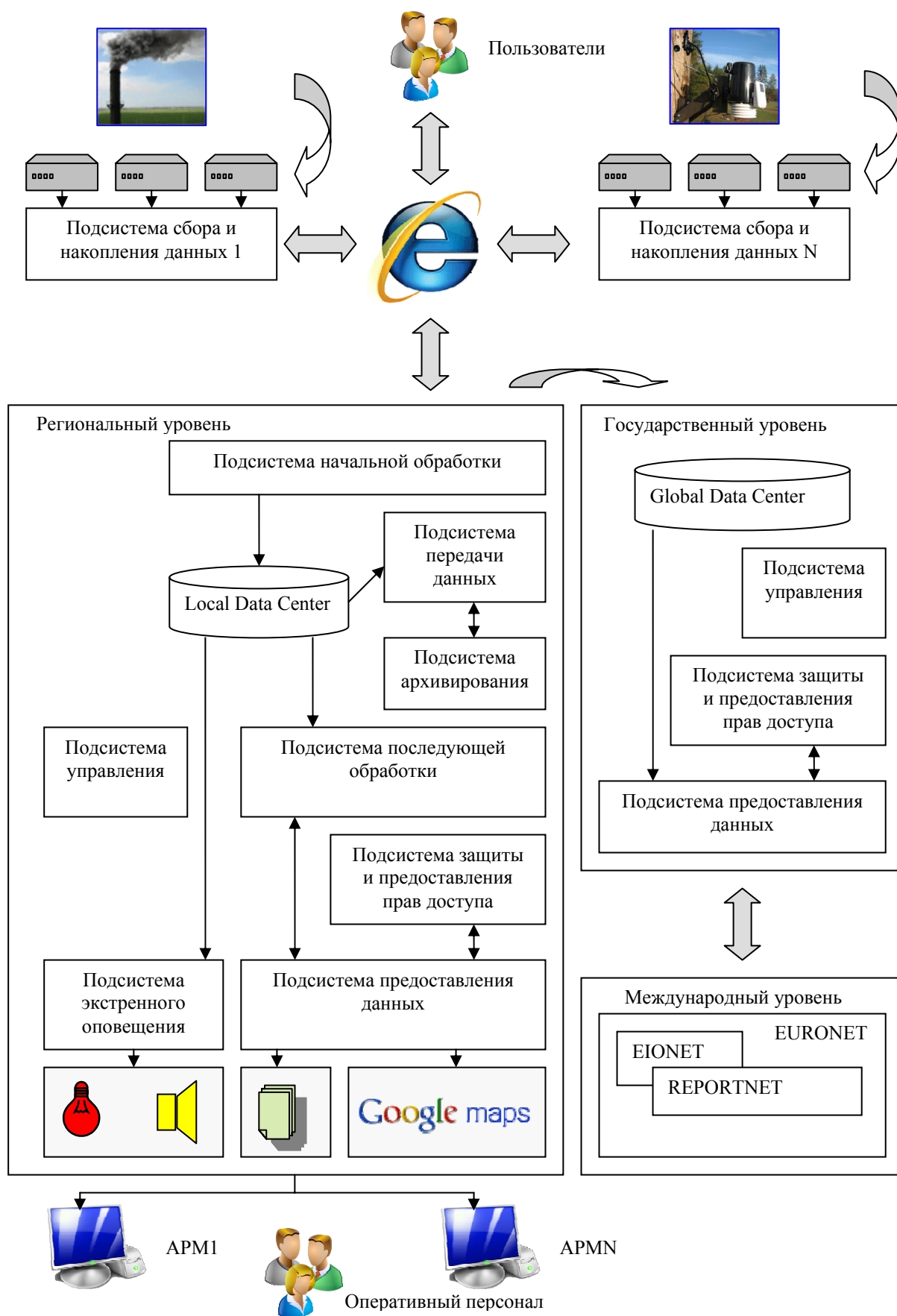


Рисунок 1. – Концептуальная схема и основные информационные потоки в системе экологического мониторинга атмосферного воздуха

В структуре информационной системы экологического мониторинга атмосферы можно выделить следующие подсистемы:

- **подсистема сбора и накопления данных** представляет собой набор однотипных автоматизированных постов экологического мониторинга и типовых модульных систем и предназначена для измерения концентрации загрязняющих веществ в атмосфере, контроля метеопараметров, уровня солнечной радиации, ионизирующего излучения и т.д.;

- **подсистема начальной обработки** предназначена для предварительной обработки информации, поступающей с подсистемы сбора и накопления данных. Данная подсистема позволяет осуществлять контроль передачи данных как на физическом, так и логическом уровнях, в том числе с использованием хеш-функций. Подсистема также может проводить первичные преобразования, приводить единицы измерения в соответствии с международными стандартами и т.д.

- **локальное хранилище данных (LDC)** представляет собой пространственную базу данных и предназначено для сохранения данных наблюдений. Вся информация сохраняется в первичном виде. Это позволяет обеспечить регулярные поставки данных, что является одной из основных рекомендаций ЕЭК ООН. При проектировании LDC необходимо учесть возможность сохранения любой информации о состоянии ОПС в режиме реального времени;

- **подсистема последующей обработки и интерпретации данных** представляет собой программный блок, в котором сосредоточена большая часть выполняемых функций системы. Данная подсистема предназначена для решения типовых задач регионального и национального уровней (моделирование полей концентраций, прогноз динамики изменения концентраций, поддержка принятия решений и т.д.);

- **глобальное хранилище данных (GDC)** аккумулирует информацию, поступающую от объектов локального уровня. Основой GDC является распределенная база данных, которая применяет современные технологии репликации информации и позволяет восстановить данные в случае возникновения аварийных ситуаций. В зависимости от функциональности системы на государственном уровне, GDC может получать данные в заархивированном или обобщенном (например, осредненном) виде;

- **подсистема передачи данных** служит для передачи данных в GDC и может быть реализована в виде программного модуля. Разработка указанной подсистемы должна осуществляться только при наличии интерфейса сопряжения. Предпочтительные протоколы для передачи информации HTTP, TCP/IP. Данные могут передаваться в бинарном или XML виде.

Указанная подсистема может также проводить обобщение данных перед отправкой в GDC;

- **подсистема предоставления данных** оперативному персоналу используется для визуализации данных, полученных в результате анализа и представленных в виде:

- отчетов о состоянии атмосферы, форма которых соответствует как международным, так и национальным стандартам. При разработке подсистемы предоставления информации могут быть использованы современные технологии формирования документов (например, система документооборота проекта REPORTNET);

- карт загрязнения атмосферы, которые отображают состояние наблюдаемых значений в виде полей. Такими значениями могут быть текущие уровни загрязнений или распределения метеорологических параметров. Для построения карты состояний может быть использована технология Google Maps® или Google Earth®. Сервисы Google Maps и Google Earth являются открытыми ресурсами и предназначены для визуализации различных тематических данных;

- графиков временных рядов параметров наблюдений.

При разработке указанной подсистемы может использоваться и комбинированный подход. Например, географическое размещение постов мониторинга может отображаться на карте Google, а при выборе одного из них может осуществляться поиск связанной с ним отчетной документации или данных наблюдений.

Одной из функциональных возможностей подсистемы является поддержка многоязычного Тезауруса. Это позволит системе использовать текущую культуру и региональные настройки конкретной территории, причем определение текущей культуры может быть автоматическим по диапазону IP-адресов клиента. Практически это означает, что язык интерфейса системы всегда будет соответствовать естественному языку пользователя;

- **подсистема экстренного оповещения** предназначена для автоматического оповещения оперативного персонала в случае возникновения опасных ситуаций на территории региона, связанных с резким изменением значений наблюдаемых параметров. Примером опасного события может быть резкое увеличение значения наблюдаемой величины (например, концентрации загрязняющего вещества) и выход его за пределы установленных норм. Данная подсистема может быть оснащена как световой, так и звуковой сигнализацией, а также иметь дополнительную возможность информирования посредством мобильной связи;

- **подсистема архивирования** служит для автоматического архивирования собранной

інформації. Параметри архівування можуть задаватися оператором в широких діапазонах;

- **підсистема захисти інформації** предназначена для захисту інформації від нелегального доступу (при необхідності путем шифрування) і управління доступом к системі в залежності від розподілення прав доступу;

- **підсистема управління** предназначена для управління компонентами системи.

Таким образом, інформаційна система екологічного моніторингу атмосфери на Україні повинна учити рекомендації міжнародного і державного рівнів, вирішувати поставлені задачі, а її структура орієнтована повинна відповідати схемі, показаній на рисунку 1. Многоуровнева організація дає можливість розбити процес реалізації інформаційної системи на ряд етапів, а впровадження сучасних технологій візуалізації даних суттєво прискорюють процес розробки системи.

Висновки

В статті розглядаються основні принципи побудови існуючих систем моніторингу атмосферного повітря в країнах ВЕКЦА. На прикладі України виконано аналіз основних недоліків систем державного і регіонального рівнів, які включаються в недостатню періодичність збирання даних і недостатню надійність способу їх зберігання, обмеженість доступу к вказаній інформації і практично повній відсутності програмно-технічних засобів її обробки і підтримки прийняття рішень.

Аналіз рекомендацій міжнародного рівня по модернізації державної і регіональних систем моніторингу в Україні показав, що основні роботи повинні бути направлені на автоматизацію процесів збирання і передачі даних. Для передачі інформації повинні використовуватися сучасні засоби, включаючи Інтернет і супутникові канали зв'язу. Система моніторингу державного рівня повинна бути концептуально сумісна з аналогічними міжнародними системами, які розробляються ВМО і ЕАОС.

Виходячи з рекомендацій ЕЭК ООН, були сформульовані основні задачі, які можуть вирішуватися при допомозі інформаційних систем, і розглянута концептуальна схема побудови подібної інформаційної системи в Україні.

Література

1. Про затвердження Положення про державну систему моніторингу довкілля [Текст]: Постанова КМ України від 30 березня

- 1998р. №391 // Офіц. в-к України. – №13. – 1998.
2. Про затвердження Порядку організації та проведення моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря [Текст]: постанова КМ України від 9 березня 1999 р. №343 // Офіційний вісник України. – № 10. – 1999.
3. Руководство по контролю загрязнения атмосферы [Текст]: РД 52.04.186-89. – М.: Госкомгидромет СССР. – 693 с.
4. Рекомендации по совершенствованию национальных систем мониторинга и информации по ОС для стран ВЕКЦА [Текст]: ЕСЕ/СЕР/109. – 21 мая, 2003. – 6 с.
5. Развитие экологических сетей и информационных систем в странах ВЕКЦА [Электронный ресурс] / А. Свирчевский // Доклад. – Обнинск, 2003.
<http://unece.org/env/europe/monitoring/Obninsk.Jun.2003/NETWORKING.final.rev.R.pdf>
6. Перечень основных международных экологических баз данных в регионе ЕЭК ООН [Текст]: СЕР/АС.10/2002/19. – ЕЭК ООН. – 24 июня 2002. – 31 с.
7. Адаптация сетей мониторинга в странах ВЕКЦА: Мониторинг качества воздуха [Текст]: ЕСЕ/СЕР/АС.10/2006/3. – ЕЭК ООН, Женева. – 3 апреля 2006. – 27 с.
8. Quality Assurance / Quality Control [El. resource] / Wenche Aas. – September, 2006.
<http://tarantula.nilu.no/projects/cce/qa/>
9. Участие ННГ и некоторых других стран переходного периода в международных сетях мониторинга и оценки загрязнения воздуха [Текст]: СЕР/АС.10/2002/6. – ЕЭК ООН. – 2 января 2002. – 12 с.
10. Материалы рабочего совещания по информационным технологиям для проведения экологического мониторинга и оценки [Текст]: СЕР/АС.10/2002/13. – ЕЭК ООН, Обнинск. – 13 марта 2002. – 5 с.
11. Маршалл Дж. Использование современных технологий: возможности и задачи для развивающихся стран [Текст] / Дж. Маршалл и др. – Бюл. ВМО. – VII, 2007. – №56. – С. 189 – 195.
12. Хабиб Ш. Наблюдения за Землей из космоса на благо общества [Текст] / Ш. Хабиб и др. – Бюл. ВМО. – I, 2008. – № 57.
13. Volpe F. QuickBird High Resolution Satellite Data for Urban Applications [El. resource] / Volpe Fabio, etc. – 2003. – 3 p.
http://eurimage.com/products/tech_papers/qb_urban-applications.pdf
14. Уити Г. Объединенная служба глобального распространения данных [Текст] / Г. Уити. – Бюл. ВМО. – IX, 2006. – № 55. – С. 249 – 252.
15. Моура А.Д. Вклад ВМО в ГЕОСС и ГЕОНетКаст [Текст] / А.Д. Моура. – Бюл. ВМО. – IX, 2006. – № 55. – С. 256 – 260.