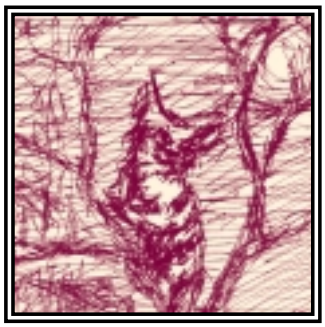

Автоматизированные системы экологического мониторинга: интегрированный подход

Сергей Колтыпин, Андрей Петрулевич

Рассматриваются интегрированные системы экологического мониторинга атмосферы. Описываются технические средства, программное обеспечение и информационные технологии функционирования этих систем.

Экологический мониторинг: на пути прогресса

Ни для кого не секрет, что за последние десятилетия экологическая обстановка во многих промышленных регионах России значительно ухудшилась. Причины тому – не только в бесконтрольной техногенной деятельности, но и в отсутствии достоверных данных о состоянии окружающей среды. Получение, обработка и распределение этой информации по заинтересованным организациям и органам власти входят в задачи систем экологического мониторинга.

Наблюдения за экологическим состоянием окружающей среды и, в частности, атмосферного воздуха велись в нашей стране многие годы, однако делалось это, в основном, в ручном режиме (отбор проб воздуха – транспортировка в лабораторию – выполнение анализов – запись в журнал – оформление итоговых отчетов), что не позволяло получать и использовать данные в реальном масштабе времени.

В 70-х годах развитые страны Запада также столкнулись с этой проблемой и для ее решения начали активно использовать самые последние достижения микроэлектроники, вычислительной и измерительной техники. В результате стали появляться городские, а затем и региональные сети автоматических постов контроля загрязнений атмосферы, выросшие к настоящему времени в мощные информационно-измерительные системы, позволяющие оперативно получать достоверные данные о качестве воздуха и принимать на их основе необходимые решения по управлению экологической обстановкой.

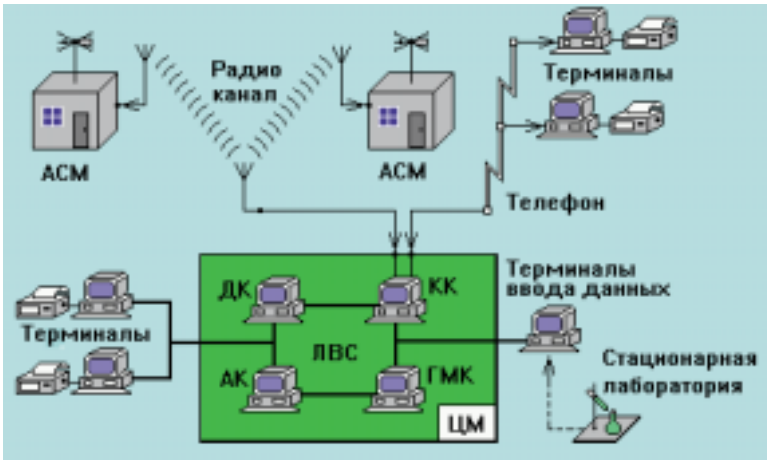

Рис. 1. Архитектура системы экологического мониторинга

Пять лет назад небольшой коллектив энтузиастов решил предпринять попытку использования зарубежного опыта и его развития. Так родилась научно-производственная фирма ДИЭМ (Диагностика, Информатика, Экологический Мониторинг), специализирующаяся на создании систем экологического мониторинга.

В основу концепции экологического мониторинга был положен интегрированный подход, что означает создание систем, выполняющих весь комплекс необходимых операций, включая:

- первичные измерения;
- сбор, передачу, накопление и обработку измерительных данных;

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

- анализ экологической ситуации;
- поддержку принятия решений по управлению экологической обстановкой;
- распределение результатов мониторинга между пользователями.

За прошедшие годы специалисты нашей фирмы разработали ряд систем промышленного и территориального экологического мониторинга для различных регионов России. В их числе Москва, Башкортостан, Якутия, Астраханская область.

В настоящей статье описывается базовая система территориально-производственного мониторинга атмосферного воздуха. Большинство приведенных технических решений реализовано в системе мониторинга, разработанной по заказу предприятия «Астраханьгазпром».



Рис. 2. Автоматическая станция мониторинга атмосферного воздуха

Архитектура системы

Система экологического мониторинга включает (рис. 1):

- информационно-измерительную сеть;
- сеть передачи данных;
- центр мониторинга (ЦМ);
- сеть пользовательских терминалов.

Информационно-измерительная сеть объединяет автоматические станции мониторинга атмосферы (АСМ) и стационарную аналитическую лабораторию, оборудованную терминалами ввода в систему результатов лабораторных анализов.

Сеть передачи данных обеспечивает сбор измерительной информации, поступающей от АСМ, по радио и/или телефонным каналам связи.

Центр мониторинга представляет собой ряд объединенных в локальную вычислительную сеть IBM PC совместимых компьютеров, выполняющих функции приема, накопления, обработки и распределения данных.

Пользовательские терминалы (локальные и удаленные) устанавливаются в подразделениях и службах, решающих задачи контроля и управления экологической обстановкой, и обеспечивают их персонал данными мониторинга в реальном масштабе времени.

Автоматические станции мониторинга атмосферного воздуха

Основная задача АСМ – оперативное получение и передача в ЦМ информации о качестве атмосферного воздуха и метеорологической обстановке в контролируемой точке территории.

АСМ выполняет следующие функции:

- получение и первичная обработка измерительной информации;
- передача измерительных данных в ЦМ по его запросу либо по собственной инициативе;
- оперативная идентификация аварийных ситуаций (превышение предельно допустимых концентраций примесей в атмосфере, пожар, вскрытие, отказы оборудования) и извещение об этом ЦМ;
- прием и исполнение команд телеуправления, поступающих из ЦМ (установка режимов измерений, синхронизация времени, включение/выключение измерительной аппаратуры, калибровка приборов).

Станция мониторинга функционирует в полностью автоматическом режиме, монтируется в закрытом павильоне (рис. 2) и состоит из следующих функциональных подсистем:

- подсистема жизнеобеспечения;
- измерительная подсистема;
- информационно-управляющая подсистема;
- подсистема связи.

Структурная схема АСМ приведена на рис. 3.

Подсистема жизнеобеспечения предназначена для поддержания внутри павильона необходимого температурного режима, отработки аварийных ситуаций (возгорание внутри павильона, вскрытие входной двери), а также для идентификации отключения электропитания и управления пуском станции при его повторном включении.

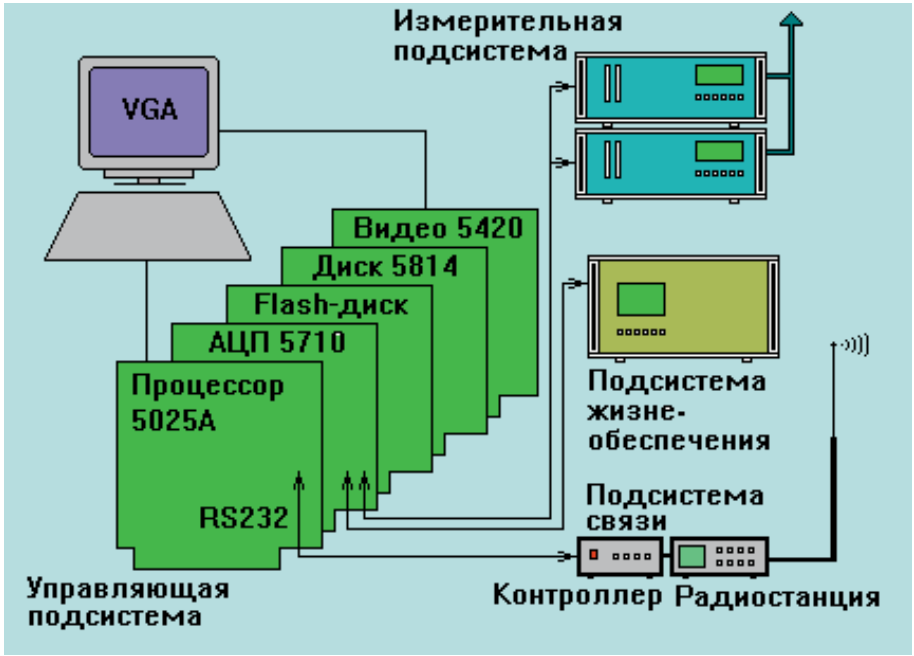

Рис. 3. Структурная схема автоматической станции мониторинга атмосферы

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

Поддержание постоянной температуры (+20 ± 4°C) внутри станции обеспечивается электронным блоком температурной стабилизации, работающим по двум температурным порогам: нижнему и верхнему. Если температура опускается ниже первого, то включаются нагреватели, если выше второго, то кондиционер.

Измерительная подсистема включает набор автоматических газоанализаторов (в системе «Астраханьгазпром» это два прибора: FID520 и AF20M французской фирмы Environment SA, измеряющих атмосферные концентрации H_2S, SO_2, суммарных углеводородов) и датчиков метеопараметров: температуры воздуха, влажности, скорости и направления ветра. Газоанализаторы, а также датчики температуры и влажности выдают аналоговые токовые сигналы (4...20 мА), датчики скорости и направления ветра имеют цифровые выходы ТТЛ (0...5 В). Текущие значения по направлению ветра выдаются в виде последовательного кода Грея.

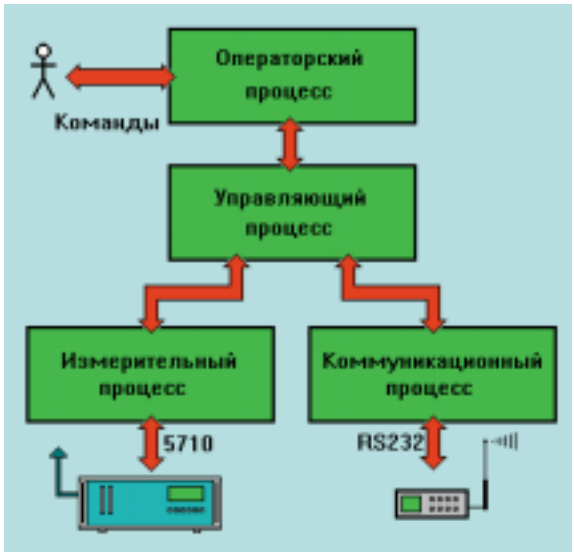

Рис. 4. Схема функционирования программного обеспечения станции мониторинга

Информационно-управляющая подсистема построена на базе IBM PC совместимого компьютера и выполняет все функции, связанные с обработкой данных и управлением станцией:

- опрос приборов измерительной подсистемы;
- управление режимами измерений;
- выполнение операций по первичной обработке измерительных данных;
- организация плановых и экстренных поверок и калибровок приборов;
- выявление и отработка аварийных ситуаций;
- организация сеансов связи с ЦМ;
- прием и выполнение телекоманд;
- обеспечение работы оператора;
- ведение локальной базы данных.

Подбор конфигурации управляющего компьютера производился по показателям надежности и потребляемой мощности. В результате был выбран промышленный компьютер MicroPC фирмы Octagon Systems, обладающий, кроме всего прочего, широким диапазоном рабочих температур -40°C... +85°C. Потребляемая мощность составляет всего около 20 Вт. Конфигурация компьютера включает в себя:

- процессорную плату 5025A (процессор 486) с оперативной памятью 4 Мбайт;
- плату аналогового ввода и цифрового ввода/вывода 5710;
- флэш-диск фирмы M-Systems размером 4 Мбайт;
- видеоплату VGA 5420;
- накопитель на гибком диске 5814;
- VGA-монитор и клавиатуру для обеспечения работы оператора АСМ.

Все платы смонтированы в стандартном шасси 5206. Плата 5710 предназначена для опроса приборов и датчиков, а также для выдачи управляющих сигналов. Все программное обеспечение и локальная база измерительной информации хранятся на флэш-диске.

Подсистема связи предназначена для обмена измерительной и служебной информацией с ЦМ по радиоканалу и включает в себя штыревую антенну, радиостанцию М-120 фирмы Motorola и контроллер пакетной радиосвязи KPC-3 американской фирмы Kantronics. Используется УКВ-диапазон (144-174 МГц) при мощности 25 Вт, что обеспечивает устойчивую передачу данных на расстоянии до 40 км. Обмен информацией между ЦМ и всеми АСМ системы ведется на одной частоте по протоколу AX.25.

Программное обеспечение станции мониторинга

На программное обеспечение (ПО) станции возложены решаемые в реальном времени задачи как чисто технического (работа с аппаратурой), так и информационного характера. При создании ПО разработчики столкнулись с невозможностью его реализации в однозадачной системе MS-DOS. Программирование классическим способом приводило к чрезмерному усложнению программы и значительным временным задержкам в управлении аппаратурой.

Возникла идея применения многозадачной операционной системы. При этом требования к вычислительным ресурсам (быстродействию процессора, объему дисковой памяти) со стороны операционной системы должны были быть минимальными, так как в принятой аппаратной конфигурации MicroPC отсутствует винчестер, а производительность процессора 486SLC платы 5025A не превышала 40 единиц по программе SysInfo (входит в пакет Norton Utilities). Крайне желательной была так-



Рис. 5. Технология обработки информации в Центре мониторинга

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

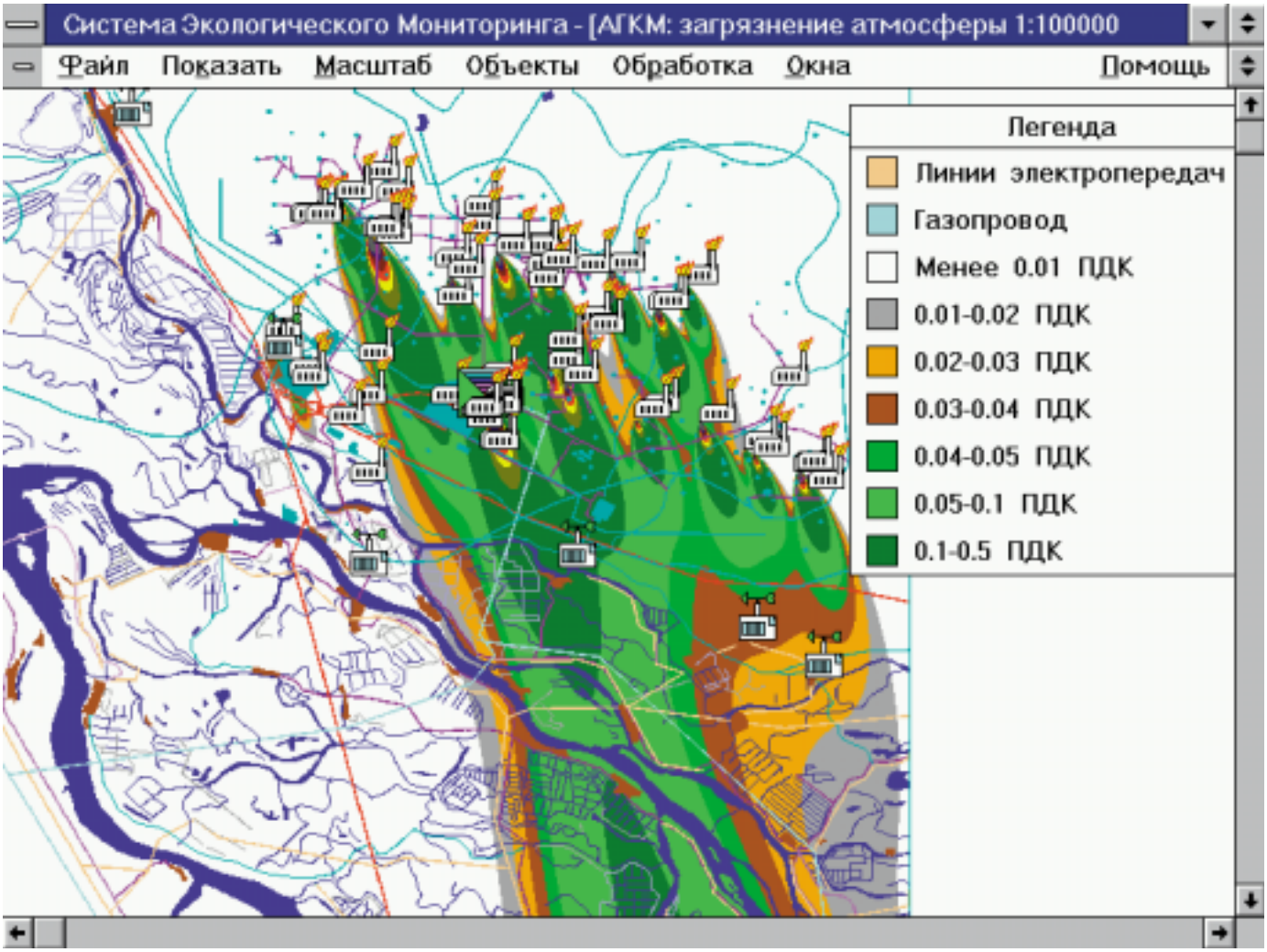

Рис. 6. Результат моделирования переноса загрязнений в атмосфере

же совместимость программ с MS-DOS в целях обеспечения общности программных средств системы в целом.

Для реализации ПО была выбрана многозадачная операционная среда DESQview фирмы Quarterdeck, позволяющая запускать в пределах физической памяти компьютера любое число параллельных процессов обычных DOS-программ. Все процессы работают в режиме разделения времени и являются совершенно равноправными и независимыми друг от друга. При этом DESQview предоставляет возможность обмена данными между ними по специальному протоколу через систему «почтовых ящиков».

Управляющая программа АСМ запускается в виде четырех параллельно работающих процессов: измерительного, коммуникационного, управляющего и операторского. Все процессы работают циклически и обмениваются сообщениями друг с другом (рис. 4).

Измерительный процесс выполняет элементарные действия по обслуживанию платы 5710 – опрос аналоговых и цифровых входов, выдача сигналов на цифровые выходы и т. п. **Коммуникационный процесс** обеспечивает передачу данных. Контроллер пакетной радиосвязи КРС-3 подключается к одному из последовательных портов платы 5025А. **Операторский процесс** запускается по необходимости и обслуживает работу пользователя-оператора. Все действия синхронизируются управляющим процессом, который посылает команды другим процессам и принимает от них данные и сообщения о выполнении команд. В **управляющий процесс** заложены алгоритмы решения всех задач измерения, поддержки жизнеспособности станции, реакции на различные события и обмена информацией с Центром мониторинга. Режимы работы программного обеспечения станции задаются на основе системы конфигурационных файлов.

Описанная архитектура программного комплекса станции мониторинга позволила реализовать гибкий механизм управления станцией, повысить надежность ее работы и дала широкие возможности модификации и развития программного обеспечения станции, в частности, его оперативной настройки на различные конфигурации измерительной аппаратуры.

Информационные технологии центра мониторинга

Центр мониторинга разворачивается в виде семейства информационно-вычислительных программно-аппаратных комплексов, объединенных в локальную вычислительную сеть (рис. 1). В их числе:

- коммуникационный комплекс (КК), обеспечивающий прием информации от измерительной сети;
- диспетчерский комплекс (ДК), предназначенный для оперативной обработки принятой информации, отображения текущей экологической ситуации и управления работой измерительной сети;

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

- архивный комплекс (АК), предназначенный для ведения долговременных архивов измерительной информации и ее статистической обработки;
- геоинформационный моделирующий комплекс (ГМК), на котором по измерительным данным проводится математическое моделирование текущей экологической ситуации на контролируемой территории и составляются прогнозы динамики ее развития.

Аппаратное обеспечение комплексов, входящих в состав Центра мониторинга, базируется на IBM PC совместимых компьютерах класса 486 или Pentium. Локальная сеть строится на коаксиальном кабеле и адаптерах Ethernet (NE2000) с использованием одноранговой сетевой операционной системы LanSmart 3.22. Оборудование Центра включает в себя также аппаратуру связи и ряд периферийных устройств: принтеры, источники бесперебойного питания и др.

Концепция информационных технологий центра мониторинга основана на требованиях к системам реального времени. Сетевой обмен между перечисленными комплексами происходит на двух уровнях: посредством передачи файлов на разделенном дисковом пространстве и путем передачи электронных сообщений средствами сетевого протокола NetBIOS. Первый используется для обмена содержательной информацией, а второй - для передачи сообщений о событиях и управляющих команд между комплексами в реальном времени (рис. 5).

Коммуникационный комплекс обеспечивает организацию связи ЦМ с АСМ и удаленными терминалами по радио и/или телефонному каналу с возможностью двустороннего инициирования сеансов. В штатном режиме они инициируются КК по расписанию. В случае возникновения на АСМ аварийной ситуации сеанс инициируется самой АСМ немедленно. По окончании любого сеанса полученные данные и соответствующие электронные сообщения передаются на ДК.

Диспетчерский комплекс представляет собой автоматизированное рабочее место диспетчера ЦМ, ведущего текущий контроль экологической ситуации на территории. ДК принимает от КК и обрабатывает данные следующих типов:

- текущая измерительная информация;
- сообщения о превышениях допустимых концентраций;
- сообщения об аварийных ситуациях на станциях;
- запросы от пользователей удаленных терминалов на получение сводок и прогнозов.

ДК информирует диспетчера о текущей ситуации в контролируемом регионе, пересылает принятые данные и запросы на АК и ГМК, передает оперативную информацию о качестве воздуха на локальные терминалы.

Программное обеспечение ДК предоставляет диспетчеру Центра возможность формировать и пересылать на КК команды телеуправления станциями мониторинга. После приема очередной команды КК инициирует сеанс связи с соответствующей станцией и передает ей телекоманду, а впоследствии принимает квитанцию о ее выполнении.

Поддержка запросов удаленных терминалов реализована по следующему алгоритму. Пользователь удаленного терминала, подключенного к ЦМ, с помощью специальных программных средств формирует запрос на получение информации (текущей или ретроспективной) об экологической ситуации. Запрос отсылается в ЦМ, где он принимается КК, распознается ДК и ставится в очередь на выполнение у АК и/или ГМК. Результат выполнения запроса вновь передается на КК и отсылается на соответствующий терминал. Помимо обработки запросов КК по своей инициативе передает на терминалы текущие сводки в соответствии с заданными регламентами.

С целью повышения надежности работы всей системы и обеспечения сохранности информации был реализован механизм сквозной буферизации данных путем передачи их через систему «почтовых ящиков». Первичные измерения хранятся на станциях мониторинга в течение установленного срока (обычно 30 дней) и одновременно записываются в директорию-почтовый ящик для отправки в Центр. После успешной передачи по каналу связи почтовый ящик очищается. На КК в центре из приемного почтового ящика данные переписываются в почтовый ящик ДК. Почтовый ящик КК очищается только после успешной перезаписи файлов по локальной сети. Аналогичный механизм реализован и на ДК при передаче обработанных данных другим комплексам Центра.

Архивный комплекс представляет собой систему ведения баз измерительных данных с широкими возможностями их статистической обработки, информационного поиска, генерации отчетов, формирования графиков и т. п. в диалоговом и пакетном (по запросам терминалов) режимах.

Геоинформационный моделирующий комплекс включает в себя обширную картографическую базу данных о территории (карты расположения источников и реципиентов загрязнений, природных ландшафтов, рельефа, почв, речной сети и др.) и позволяет в реальном времени на основе методов математического моделирования путем решения прямых и обратных задач переноса составлять карты текущих и прогнозируемых загрязнений контролируемой территории (рис. 6). Кроме того, ГМК позволяет разыгрывать в диалоге с пользователем различные сценарии развития экологической обстановки в случае принятия тех или иных управленческих решений.

Все программные средства КК, ДК и ГМК реализованы на языке C++ в среде Borland C++ 3.1 (КК – для DOS, ДК и ГМК – для Windows 3.1), АК реализован в среде FoxPro 2.5.

В целом ЦМ представляет собой современную распределенную систему обработки данных, функционирующую в реальном масштабе времени.

Заключение

Решение задач экологического мониторинга невозможно без применения современных средств измерения и связи, новых компьютерных технологий. Практика эксплуатации систем мониторинга показала эффективность и жизнеспособность как общей концепции ДИЭМ, так и отдельных технических решений в реальных условиях.

Интегрирование всех составных частей мониторинга в единой технологии минимизирует затраты на их стыковку, сокращает время обмена и преобразования данных, исключает потери информации, повышая тем самым надежность и эффективность создаваемых систем.

Открытая архитектура аппаратного и программного обеспечения позволяет наращивать состав измерительной аппаратуры и вводить новые алгоритмы контроля состояния окружающей среды, развивать и модернизировать уже внедренные системы.

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru