

**М. В. Алипатов, Т. В. Кудринская, Д. А. Пестов, И. Б. Попов**

**ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ  
МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ**

*В работе построена математическая модель приземного слоя атмосферы. Представлены методы и решения создания информационного измерительного комплекса.*

*Электрическое поле; ток; проводимость; приземный слой; аэрозоль; программирование; базы данных; алгоритмы; математическая модель.*

**M. V. Alipatov, T. V. Kudrinskaya, D. A. Pestov, I. B. Popov**

**INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR MONITORING THE SURFACE  
LAYER ELECTRICAL STATE**

*The paper considers the surface layer mathematical model. The methods and solutions of the information-measuring system creation are described.*

*Electric field; current; conductivity; surface layer; aerosol; programming; data bases; algorithms; mathematical model.*

**Введение**

В экспериментальных исследованиях атмосферы важное место занимают наземные атмосферно-электрические наблюдения. Задачи, решаемые с помощью регулярных наблюдений, можно разделить на специальные и общие [1]. Общая задача – это получение режимных (фоновых) данных об электрическом поле атмосферы, выявление тенденций его изменений. К специальным задачам относятся: исследование роли глобальных, региональных и местных (локальных) генераторов объемного заряда в формировании электрического поля атмосферы; установление взаимосвязей электрических и метеорологических величин, определение роли атмосферного электричества в биосфере.

Основными элементами атмосферного электричества приземного слоя являются: градиент потенциала (напряженность) электрического поля  $V'$ , удельные полярные проводимости воздуха  $\lambda_{\pm}$  и плотность вертикального электрического тока  $j_o$ . Совокупность указанных величин определяет дифференциальную форму закона Ома для атмосферы. При этом каждый элемент в отдельности или их комбинация несет в себе информацию о процессах глобального или локального характера, протекающих в приземном слое. В частности, электропроводность воздуха является индикатором изменения содержания аэрозолей и радиоактивных субстанций в атмосфере, ток проводимости  $j_{np} = -V'(\lambda_+ + \lambda_-)$  является показателем интенсивности действия генераторов объемного заряда, величина  $w = j V'$  определяет плотность энергии источника электрического поля.

Регулярные атмосферно-электрические наблюдения в приземном слое кроме измерения основных элементов, могут включать в себя специализированные измерения: плотности объемного заряда атмосферы, интенсивности ионообразования, радиоактивности атмосферы, концентраций аэрозольных частиц и пр., а также метеорологическую информацию. Кроме упомянутых элементов, могут измеряться

электрические токи осадков, токи с острий, заряды частиц тумана и осадков, раздельно конвективный электрический ток и ток проводимости и т. д. Дополнительные измерения могут носить эпизодический характер, но именно с их помощью возможна физически правильная интерпретация получаемых данных регулярных наблюдений.

**Информационно-измерительный комплекс.** В последнее время появилась возможность объединять аппаратуру для измерения параметров атмосферного электричества в автоматизированные комплексы [2,3]. Применение таких систем имеет ряд преимуществ по сравнению с использованием отдельных измерительных приборов, а именно:

- повышение скорости и объема измерений;
- исключение субъективного фактора при оценке измеряемых величин;
- обеспечение одновременности, высокой дискретности и информативности получаемых данных;
- расширение возможностей эксперимента, как в количественном, так и в качественном отношении;
- возможность оперативного анализа получаемой информации и ее последующей интерпретации;
- возможность регистрации сопутствующей метеорологической информации.

Блок-схема измерительного комплекса [] приведена на рис.1.

Первичные блоки приборов обычно располагаются за пределами лабораторного здания и соединяются со вторичными блоками посредством экранированных кабелей. Вторичные блоки осуществляют фильтрацию и приведение выходного сигнала к рабочим значениям АЦП (размах не более 2 В). Часто в качестве преобразователя аналогового сигнала в цифровой, используется плата АЦП L-761 фирмы L-Card, обладает следующими техническими характеристиками:

- АЦП: 14 бит / 125 кГц.
- Входных каналов: 16 диф. или 32 с общей "землей".
- Гальваноразвязка до 500 В.
- Цифровой сигнальный процессор.
- Цифровые входы/выходы: 16/16.
- Совместима со спецификацией PCI 2.1, 2.2 и 2.3 (несовместима с ревизией

3.0)

- -х канальный ЦАП (опция).



Рис. 1. Блок-схема измерительного комплекса

Опрос каналов АЦП производился последовательно с частотой 100 кГц. Цифровые эквиваленты аналоговых сигналов имеют 14-ти разрядную точность. Полученные напряжения преобразовываются в значения электрических с исполь-

зованием калибровочных коэффициентов. Профили электрических характеристик записываются на жесткий диск винчестера и отображаются визуально на экране монитора.

Описанный измерительный комплекс успешно применялся при проведении атмосферно-электрических наблюдений в горных условиях [4,5] и на равнине [6].

Для модификации информационно-измерительного комплекса предлагается использовать следующее программное обеспечение: программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС, programmable logic device, PLD) – электронный компонент для создания цифровых интегральных схем. В отличие от обычных цифровых микросхем, логика работы ПЛИС не определяется при изготовлении, а задаётся посредством программирования (проектирования). Для программирования используются отладочные среды, позволяющие задать желаемую структуру цифрового устройства в виде принципиальной электрической схемы или программы на специальных языках Verilog, VHDL.

Элементами ПЛИС являются:

1. CPLD (англ. complex programmable logic device – сложные программируемые логические устройства), которые содержат относительно крупные программируемые логические блоки – макроячейки (англ. macrocells), соединённые с внешними выводами и внутренними шинами. Функциональность CPLD кодируется в энергонезависимой памяти, поэтому нет необходимости их перепрограммировать при включении.

2. FPGA (англ. field-programmable gate array), которые содержат блоки умножения – суммирования (DSP), широко применяющиеся при обработке сигналов, а также логические элементы (как правило, на базе таблиц перекодировки (таблиц истинности)) и их блоки коммутации. FPGA обычно используются для обработки сигналов, имеют больше логических элементов и более гибкую архитектуру, чем CPLD. Программа для FPGA хранится в распределённой памяти, которая может быть выполнена как на основе энергозависимых ячеек статического ОЗУ (подобные микросхемы производят, например, фирмы Xilinx и Altera) – в этом случае программа не сохраняется при исчезновении электропитания микросхемы, так и на основе энергозависимых ячеек Flash-памяти или перемычек antifuse (такие микросхемы производит фирма Actel) – в этих случаях программа сохраняется при исчезновении электропитания. Если программа хранится в энергозависимой памяти, то при каждом включении питания микросхемы необходимо заново конфигурировать ее при помощи начального загрузчика, который может быть встроен и в саму FPGA. Альтернативой ПЛИС FPGA являются более медленные цифровые процессоры обработки сигналов.

Существует проблема передачи данных из «FPGA» в «RT» (система реального времени), т.к. шина имеет более низкую частоту работы, чем «FPGA», в итоге невозможна передача данных без потери. Одной из решений такой проблемы является реализация очереди «FIFO», это позволяет реализовать «FPGA», дискретизировать данные (преобразовывать данные из непрерывного потока информации в вид дискретных точек).

FIFO – структура данных с дисциплиной доступа к элементам «первый пришёл – первый вышел» (FIFO, First In – First Out). Добавление элемента возможно лишь в конец очереди, выборка – только из начала очереди. Систему сбора данных можно представить в виде схемы (рис. 2).

Передача данных с «FPGA» на «ШИНУ» осуществляется с 14 битной точностью, данные с шины поступают в систему RT. Далее данные подвергаются пре-

образованию в некоторый цифровой вид (в шестнадцатеричный код) и помещаются в базу данных. Запись данных (формат базы данных) приведен в таблице 1.

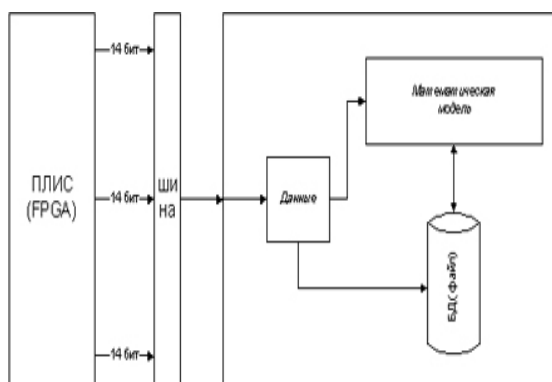


Рис.2. Схема системы сбора данных

Поочередная запись выборок для каждого канала позволяет снятые в одно и то же время с разных каналов данные, записать последовательно. (рис. 3).

В качестве базы данных предполагается использование свободной системы управления базами данных MySQL. Гибкость СУБД MySQL обеспечивается поддержкой большого количества типов таблиц: пользователи могут выбрать, как таблицы типа MyISAM, поддерживающие полнотекстовый

поиск, так и таблицы InnoDB, поддерживающие транзакции на уровне отдельных записей, а благодаря открытой архитектуре и GPL-лицензированию, в СУБД MySQL постоянно появляются новые типы таблиц.

Таблица 1

Формат БД – поочередная запись выборок для каждого канала

Кол-во выборок	0 вы-борка	0 вы-борка	...	0 вы-борка	1 вы-борка	1 выбор-ка	...	1 выбор-ка	...
Unsigned int (U32)– 4, байта	значе-ние канала 0	Значе-ние канала 1		Значе-ние канала N	Значе-ние канала 0	Значение канала 1		Значение канала N	

Уже имеющаяся программа "Атмосферное электричество", версия 1. [7] предоставляет интерфейс к базе данных, позволяя записывать в базу, извлекать для просмотра и обработки, а также записывать данные атмосферных наблюдений после начальной обработки и статистического усреднения в файлы, которые могут быть использованы другими программами.

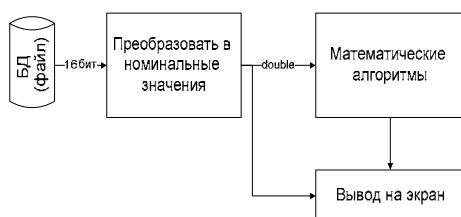


Рис. 3. Преобразование базы данных

Минимальные системные требования для работы с программным обеспечением: ПК с процессором Pentium 133 или более мощным; операционная система Microsoft Windows XP, Microsoft Windows 2000, Windows NT Workstation 4.0 с пакетом обновления 3 (SP3) или выше, Windows 95/98/Millennium Edition (программа оснащена только русскоязычным интерфейсом и для

работы операционная система должна обеспечивать поддержку кириллицы); Microsoft Access 2000 и выше; свободное место на жестком диске: для полной версии с предустановленной базой данных – 120 МБ в случае MS Access и 1,5 Гб в случае SQL Server, для сокращенной (когда база данных уже есть на жестком дис-

ке) – 2 МБ; Дисковод для чтения компакт-дисков (для установки программы); мышь или аналогичное устройство.

Описание возможности программы.

- Конфигурирование.
- Работа со списком станций.
- Выполнение запросов.
- Импорт/Экспорт файлов данных.

Описанная программа обеспечивает сбор данных ( $V'$ ,  $L_{\pm}$ , характеристики облачности, направление и скорость ветра) на пункте наблюдения «Воейково» Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова (г. Санкт-Петербург).

Исходя из того, что существующее программное обеспечение имеет скупой набор функций, ориентированный лишь на работу с конкретным измерительным комплексом требуется разработка универсального программного продукта, ориентированного на современное оборудование, сетевые технологии, Интернет. В качестве языка программирования предполагается использовать Delphi - язык программирования, который используется в одноимённой среде разработки. Предполагаемые модификации разрабатываемого программного комплекса:

- Использование Delphi с применением .net – технологии. Для адаптации программного комплекса в сети Интернет. (Microsoft .NET Framework – программная технология, предназначенная для создания как обычных программ, так и веб-приложений)

- В качестве хранения информации использовать свободную систему управления базами данных (СУБД) MySQL

- Создание сетевого интерфейса, позволяющего проводить опрос станций с помощью сетевых технологий, проводить сбор данных и запись их на сервер, установленный в главной лаборатории

Таким образом, внедрение в программный комплекс современных сетевых технологий, и гибкую систему управления базы данных позволит проводить сбор информации в режиме реального времени, осуществлять быстрый доступ к информации удаленно находящихся станций, хранить, обрабатывать, анализировать и интерпретировать данные в любой момент времени.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афиногенов Л. П., Грушин С. И., Романов Е. В. Аппаратура для исследований приземного слоя атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 319 с.
2. Куповых Г.В., Марченко А.Г. Автоматизированный комплекс для проведения атмосферно-электрических наблюдений // Таганрог: Известия ТРТУ, 2004. №1, С.203–204.
3. Аджиев А.Х., Ваюшина Г.П., Куповых Г.В., Соколенко Л.Г., Шварц Я.М.. Экспериментальные исследования атмосферного электричества в высокогорных условиях // Сб. научных трудов 5-й Российской конференции по атмосферному электричеству. Владимир, Изд-во ВлГУ. 2003. Т.1. – С.106–109.
4. Аджиев А.Х., Куповых Г.В. Атмосферно-электрические явления на Северном Кавказе. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – 137 с
5. Кузнецов Максим, Симдянов Игорь MySQL на примерах. – Спб.: «БХВ-Петербург», 2007. – С. 952.
6. Хавьер Паишеку Программирование в Borland Delphi 2006 для профессионалов = Delphi for .NET Developer's Guide. – М.: «Вильямс», 2006. – С. 944. – ISBN 0-672-32443-X.

**Алипатов Максим Викторович**

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: [almakc@egf.tsure.ru](mailto:almakc@egf.tsure.ru)

347928, Россия, г. Таганрог, ГСП 17А, пер. Некрасовский, 44

Тел.: 8(8634) 32-16-17

**Кудринская Татьяна Владимировна**

E-mail: [donpedcollege@rambler.ru](mailto:donpedcollege@rambler.ru)

**Пестов Дмитрий Анатольевич**

E-mail: [n55dms@mail.ru](mailto:n55dms@mail.ru)

**Попов Иван Борисович**

Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Войкова

E-mail: [popov\\_ib@mail.ru](mailto:popov_ib@mail.ru)

194024, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Карбышева, 7, тел.: 8(813) 70-75-563

**Alipatov Maxim Viktorovich**

Taganrog Institute of Technology - Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education "Southern Federal University"

E-mail: [almakc@egf.tsure.ru](mailto:almakc@egf.tsure.ru)

44, Nekrasovsky, GSP 17A, Taganrog, 347928, Russia, Ph.: +7(8634) 32-16-17

**Kudrinskaya Tatiana Vladimirovna**

E-mail: [donpedcollege@rambler.ru](mailto:donpedcollege@rambler.ru)

**Pestov Dmitry Anatolievich**

E-mail: [n55dms@mail.ru](mailto:n55dms@mail.ru)

**Popov Ivan Borisovich**

Head Geophysical Observatory named after A. Voyeykov

E-mail: [popov\\_ib@mail.ru](mailto:popov_ib@mail.ru)

7, Karbysheva St., St.Peterburg, 194024, Russia, Ph.: +7(813) 70-75-563,

УДК 551.510

**Н. А. Миронова, В. М. Попружный**

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АЗОВСКОГО МОРЯ**

*В данной статье приводится оценка экологического состояния Азовского моря по результатам многолетнего мониторинга морской среды, проводимого ФГУ «Информационно-аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря» (ФГУ «Азовморинформцентр»), проводимого в целях выявления межгодовой и межсезонной изменчивости вод и выявления влияния антропогенного воздействия на экологическое состояние Азовского моря.*

*Антропогенное воздействие (загрязнение) вод; индекс загрязнения вод; среднегодовые концентрации.*

**N. A. Mironova, V. M. Popruzhy**

**AZOV SEA ECOLOGICAL STATE ASSESSMENT**

*This paper presents the assessment of ecological state of the Azov Sea according to the results of a many-years monitoring of the marine environments conducted by Federal*