

# ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ПАК-8816 ПРИ ПОСТРОЕНИИ ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

В.П. Челибанов<sup>1</sup>, С.Н. Котельников<sup>3\*</sup>, Н.В. Смирнов<sup>2</sup>,  
Е.А. Ясенко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Российское приборостроительное предприятие ЗАО «ОПТЭК»;

<sup>2</sup> Национальный исследовательский университет ИТМО (Санкт-Петербург, Россия);

<sup>3</sup> Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН  
(Москва, Россия)

\* Эл. почта: skotelnikov@mail.ru

Статья поступила в редакцию 00.00.2015; принята к печати 00.00.2015

Рассмотрены принципы построения станции атмосферного мониторинга серии SKAT на базе программно-аппаратного комплекса ПАК-8816, описаны его основные характеристики, преимущества и перспективы. Кратко описаны результаты опытной эксплуатации сети автоматических станций мониторинга атмосферы для научных исследований, построенных на основе программно-аппаратного комплекса ПАК-8816. Положительные результаты опытной эксплуатации сети автоматических станций мониторинга атмосферного воздуха для научных исследований позволяют говорить о возможности построения системы глобального мониторинга за поведением атмосферных загрязнителей на территории Восточной Европы.

**Ключевые слова:** глобальный атмосферный мониторинг, автоматические газоанализаторы, приборы атмосферного мониторинга.

## PROSPECTS FOR USING PAK-8816 FIRMWARE IN A GLOBAL SYSTEM OF AIR POLLUTION MONITORING

V.P. Chelibanov<sup>1</sup>, S.N. Kotelnikov<sup>3\*</sup>, N.V. Smirnov<sup>2</sup>, Ye.A. Yassenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian Instrument-Making Enterprise ZAO OPTEK and <sup>2</sup> ITMO University (Saint Petersburg, Russia);

<sup>3</sup> A.M. Prokhorov Institute of General Physics of the Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

\* E-mail: skotelnikov@mail.ru

The principles of developing a SKAT series station for atmospheric monitoring based on PAK-8816 firmware are disclosed. The main characteristics, advantages and prospects of the firmware are discussed. An brief overview of the pilot operation of a network of automated stations for atmospheric monitoring based on PAK-8816 firmware is presented. The results of the pilot operation for evaluation purposes promise the possibility to build up a system for air pollution monitoring in East Europe.

**Keywords:** global atmospheric monitoring, automated gas analyser, air monitoring instruments.

По расчетам специалистов для некоторых регионов России [2], экономический ущерб от воздействия загрязненного атмосферного воздуха на здоровье населения (смертность и заболеваемость) составил в 2002 г.: в Екатеринбургской и Челябинской областях – 8% валового регионального продукта (ВРП), причем темпы роста ущерба выше темпов роста этого показателя; в Республике Башкортостан – 7% ВРП; в Нижегородской области – 6% ВРП. Экономический ущерб только от детской астмы, вызванной загрязненным атмосферным воздухом, составляет в нашей стране 11–15 миллиардов рублей в год. В целом для страны экономический ущерб в результате негативного воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье населения находится в диапазоне 3,1–5,8% ВВП, то есть превышает бюджет на здравоохранение и охрану окружающей среды. Кроме того, 95% суммарных издержек обусловлены смертностью, вызванной загрязнением атмосферного воздуха [2]. В США и странах ЕС для снижения экономического ущерба от

загрязненного воздуха эффективно применяются системы управления качеством атмосферного воздуха.

Станции мониторинга загрязнения атмосферы являются важным звеном системы управления качеством воздуха, средством измерений, предоставляющим практическую информацию для принятия управленческих решений. Неудивительно, что от уровня оснащения станций мониторинга, их аппаратного и программного обеспечения зависит эффективность системы в целом. Спрос на современное аналитическое оборудование для экологического мониторинга в мире достаточно велик и продолжает нарастать, несмотря на наметившийся в последние годы экономический спад.

Российский рынок аналитического оборудования и систем на их основе сегодня представлен несколькими приборостроительными компаниями и компаниями-интеграторами. Российское приборостроительное предприятие ОПТЭК является одним из крупнейших производителей отечественных средств измерений

для задач атмосферного мониторинга, включая отдельные приборы и измерительные комплексы – станции мониторинга, системы на их основе.

В конце 1990-х гг. в связи с началом создания национальной Российской системы управления качеством воздуха на предприятии ОПТЭК была разработана концепция автоматических станций контроля качества атмосферы «Измерительных комплексов СКАТ», предусматривающая комплексное решение проблемы мониторинга, включая аппаратное и программное обеспечение, организационные мероприятия. В концепции решены вопросы метрологического обеспечения, сбора, обработки, сохранения и передачи данных в необходимом формате.

Измерительный комплекс «СКАТ» предназначен для:

- непрерывного автоматического измерения массовой концентрации озона ( $O_3$ ), оксида углерода (CO), оксида азота (NO), диоксида азота ( $NO_2$ ), диоксида серы ( $SO_2$ ), сероводорода ( $H_2S$ ), аммиака ( $NH_3$ ), диоксида углерода ( $CO_2$ ), суммы углеводородов (CH) в пересчете на метан, метана ( $CH_4$ ), суммы углеводородов за вычетом метана (HCH), формальдегида ( $CH_2O$ ), аэрозольных частиц (пыли) в атмосферном воздухе;

- сбора, регистрации, обработки, визуализации и хранения полученных данных;

- передачи накопленной информации по запросу на внешний удаленный компьютер по проводным и беспроводным каналам связи (телефонные, GSM-каналы, LAN и Интернет).

Основу измерительного комплекса составляют разработанные на предприятии автоматические приборы-газоанализаторы, сертифицированные в установленном порядке Государственным комитетом по техническому регулированию России, Госстандарта Республики Казахстан, Украины и Беларуси. Анализаторы подключены к системе пробоотбора на базе зондов, прошедших экологическую экспертизу в главном методическом Федеральном центре Росгидромета РФ – Главной Геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, и допущенных для применения во всех климатических поясах РФ и других стран Содружества.

Приборы атмосферного мониторинга – автоматические анализаторы с непрерывным режимом работы, позволяющие получать непрерывные, достоверные ряды значений контролируемых параметров, что является одним из основных критериев для систем мониторинга.

Большая часть газоанализаторов, используемых в составе СКАТ, построены на основе метода гетерогенной хемилюминесценции. Селективность, высокая чувствительность – характерные особенности этого метода анализа. На Российском предприятии «ОПТЭК» удалось реализовать принцип гетерогенной хемилюминесценции в приборах-газоанализаторах как объектах промышленной эксплуатации для задач атмосферного мониторинга.

Хемилюминесцентные анализаторы – не единственная серия приборов атмосферного мониторинга, применяемая на станциях атмосферного мониторинга. Газоанализаторы с электрохимическим и оптическим принципом действия также входят в номенклатуру продукции в составе СКАТ. Соответствующие средства измерения предлагаются для контроля ос-

новных атмосферных загрязнителей – озона (гетерогенный хемилюминесцентный анализатор 3.02 П-А, оптический анализатор Ф-105); оксидов азота (гетерогенный хемилюминесцентный анализатор Р-310А, гомогенный хемилюминесцентный анализатор Р-105); диоксида серы (гетерогенный хемилюминесцентный анализатор С-310А, флуоресцентный анализатор С-105); сероводорода (гетерогенный хемилюминесцентный анализатор СВ-320А); аммиака (гетерогенный хемилюминесцентный анализатор Н-320); оксида углерода (электрохимический анализатор К-100), формальдегида (фотометрический комплекс ФОРТ-301), двуоксида углерода (оптический NDIR (не дисперсионный инфракрасный метод определения) анализатор ОПТОГАЗ-500.4).

Электрохимические и NDIR-оптические анализаторы разработаны на базе сенсоров (бенч-модулей) производителей OEM-компонентов (City Technology, Andros, Sensor Europe). Характерной особенностью приборов-анализаторов для атмосферного мониторинга является наличие встроенной памяти с генерацией отчетов в формате ТЗА-4, аналогового и цифрового (RS-232) выходов и выхода RS-485 с протоколом Modbus.

Функции сбора, обработки и хранения информации на станциях СКАТ осуществляет программно-аппаратный комплекс ПАК-8816, разработанный специально для задач мониторинга. Передача результатов измерения в центр приема информации может быть осуществлена любым из доступных способов: по телефонным линиям, через сотовую связь, сеть или по радио.

Современная базовая версия ПАК-8816 разработана в 2008 г. и суммирует опыт, накопленный в этой области за предыдущие годы. ПАК-8816 – национальная Российская разработка, пришедшая на смену менее надежному импортному аналогу, ранее применявшемуся в составе станций атмосферного мониторинга.

Необходимость появления подобной системы была предопределена особенностями существующих энергетических и информационных сетей на территориях стран содружества Восточной Европы. Это и значительный диапазон изменения напряжений, плавающая частота переменного тока, возможные периоды прерывания подачи электроэнергии на объекты промышленного и социального назначения. Структура программно-аппаратного комплекса «СКАТ-РД» представлена на рис. 1.

К преимуществам ПАК-8816 относятся его следующие особенности.

Возможность гибкого использования различных сочетаний каналов связи между уровнями (проводные и беспроводные).

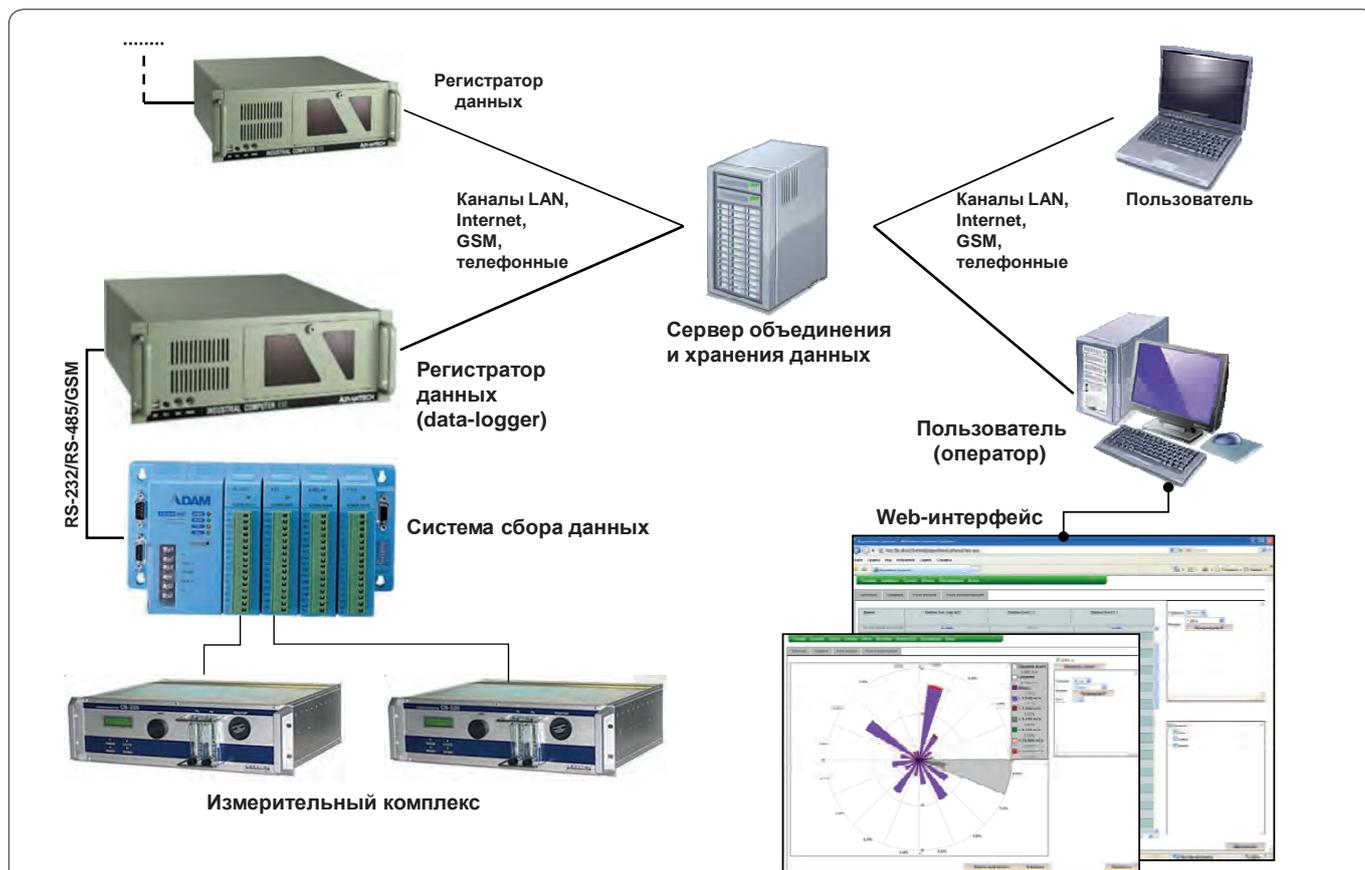
Поддержка одновременной работы большого количества пользователей.

Обработка и представление данных от нескольких автономных регистраторов данных (Data Loggers).

ПАК-8816 основан на промышленных стандартах: OPC, Modbus, RS-232, RS-485.

Система сбора данных масштабируется до 247 устройств, протяженность сети RS-485 достигает 1200 м (с применением повторителей может быть еще увеличена).

Универсальность. Система сбора данных (в зависимости от используемых модулей) способна снимать



**Рис. 1.** Структура программно-аппаратного комплекса «СКАТ-РД»

показания с различных типов датчиков: аналоговые входы по току и напряжению, термодатчики, терморезисторы и прочее в любых комбинациях.

Пользовательский web-интерфейс позволяет просматривать данные, не прибегая к установке дополнительного ПО (программного обеспечения) на рабочем терминале.

Графическое представление данных (2- и 3-мерные графики, роза ветров, роза концентраций).

Формирование отчетов и их экспорт в форматы Microsoft Excel, HTML, PNG.

Механизм оперативного оповещения оператора об аварийных ситуациях.

Возможность дистанционного выполнения градуировки измерительных каналов комплекса с целью идентификации данных по критерию достоверности.

Специальный блок в составе программного обеспечения позволяет строить розу концентраций в точке расположения станции атмосферного мониторинга. Копия экрана с розой концентраций показана на рис. 2.

Станция атмосферного мониторинга, как компонент системы, содержит метеокomплекс с датчиками давления и влажности воздуха, температуры, уровня осадков, направления и скорости ветра. Следует отметить, что для задач атмосферного мониторинга важнейшими каналами метеорологической информации являются направление и скорость ветра. Именно эти каналы позволяют в текущем режиме не только получать оперативную информацию на данный момент времени, но и смоделировать процессы адвекции примесей атмосферного воздуха в краткосрочном прогнозе.

Применение Сервера объединения и хранения данных со специализированным ПО позволяет построить, а в дальнейшем и масштабировать систему станций атмосферного мониторинга воздуха.

Начиная с 2004 г. Российское предприятие ОПТЭК создает собственную сеть автоматических станций атмосферного мониторинга с целью испытания новых средств измерения, отработки новых аналитических методов и технологий, а также для учебных и научно-исследовательских задач. В настоящее время в Санкт-Петербурге функционируют 4 поста на базе измерительных комплексов СКАТ: один – в музее городской скульптуры в Александро-Невской Лавре, еще один – в Педагогическом Университете им. А.И. Герцена, два других – на производственных площадках предприятия ОПТЭК на Васильевском острове. Информация от средств измерений обрабатывается с помощью программно-аппаратного комплекса ПАК-8816.

Для лучшего понимания работы станции СКАТ предприятие ОПТЭК организовало и обеспечивает демонстрационный доступ к серверу существующей сети в Санкт-Петербурге. ПАК-8816 имеет простой и интуитивно-понятный интерфейс. По этой причине работа с демонстрационной версией не требует специального обучения у удаленного пользователя. На практике увидеть работу станции СКАТ и ее программно-аппаратного комплекса может любой желающий в демонстрационном режиме онлайн<sup>1</sup>.

Имея свой отдельный IP-адрес, станция или система станций постоянно могут быть по установленному паролю доступны через Интернет-соединение

<sup>1</sup> [http://www.optec.ru/skat\\_on\\_line.html](http://www.optec.ru/skat_on_line.html).

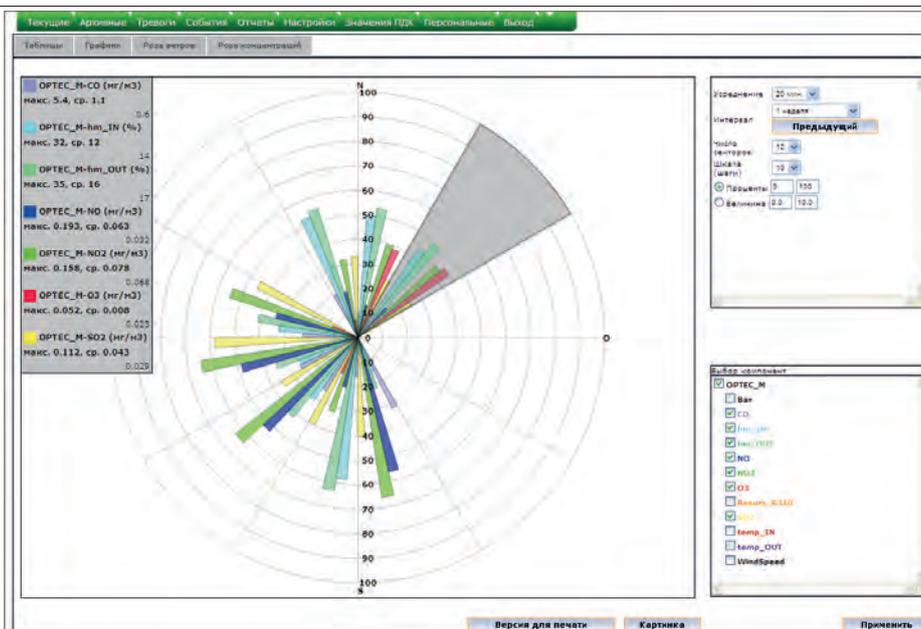


Рис. 2. Web-интерфейс пользователя. Пример розы концентраций примесей атмосферного воздуха



Рис. 3. Образцы отчетов, предоставляемые пользователю станции СКАТ

потребителю в сети. Данные можно просмотреть в табличном или графическом виде, в формате T3A-4 (специальный формат, разработанный для задач атмосферного мониторинга, показанный на рис. 3). Каждый факт превышения установленных граничных значений отражается в виде всплывающих сообщений и сохраняется в отдельном файле.

Измерительные комплексы СКАТ могут быть развернуты на базе различных объектов для размещения оборудования: стационарных павильонов, передвижных лабораторий, всепогодных шкафов, транспортируемых трейлеров, экологических катеров, оборудованных сплит-системами и источниками бесперебойного питания, стойками для размещения оборудования, рабочим местом оператора. Все перечисленные системы уже нашли свое практическое применение. В стационарных павильонах устанавливается также охранная и пожарная сигнализация, сигнализация отключения питания.

Система станция СКАТ подключается к серверному компьютеру, на котором установлено специальное программное обеспечение ПАК-8816. Диагности-

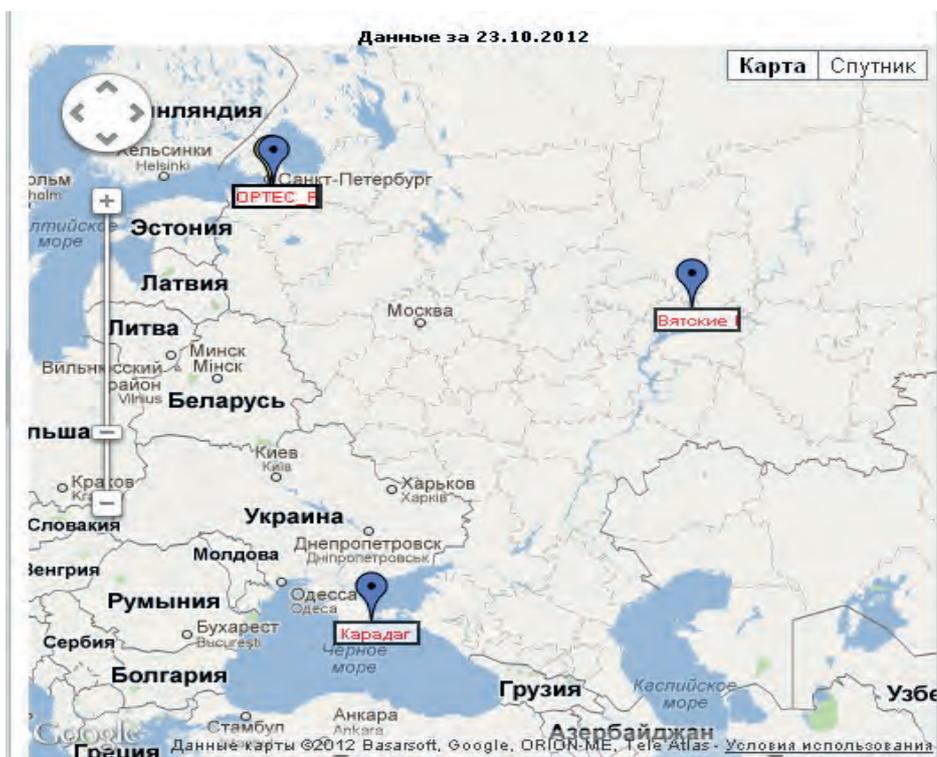
ческий доступ на серверный компьютер позволяет специалистам предприятия тестировать работу аналитического оборудования, осуществлять при необходимости переконфигурирование каналов измерений, производить обновление ПО на актуальные версии.

В рамках научно-технического сотрудничества между Институтом общей физики им. А.М. Прохорова РАН (РФ), предприятием ОПТЭК (РФ) и Карадагским природным заповедником на территории заповедника в тестовом режиме на станции атмосферного мониторинга был установлен программно-аппаратный комплекс СКАТ, на котором велись наблюдения за приземными концентрациями озона. Подобный комплекс с каналами измерения оксидов азота, окиси углерода и озона был установлен также в г. Вятские Поляны (Россия), в п. Громово на Карельском перешейке Ленинградской области (Россия) и на нескольких станциях с аналогичными каналами измерения на территории Санкт-Петербурга [1]. На рис. 4 показана электронная карта с расположением станций мониторинга, а на рис. 5 показана копия

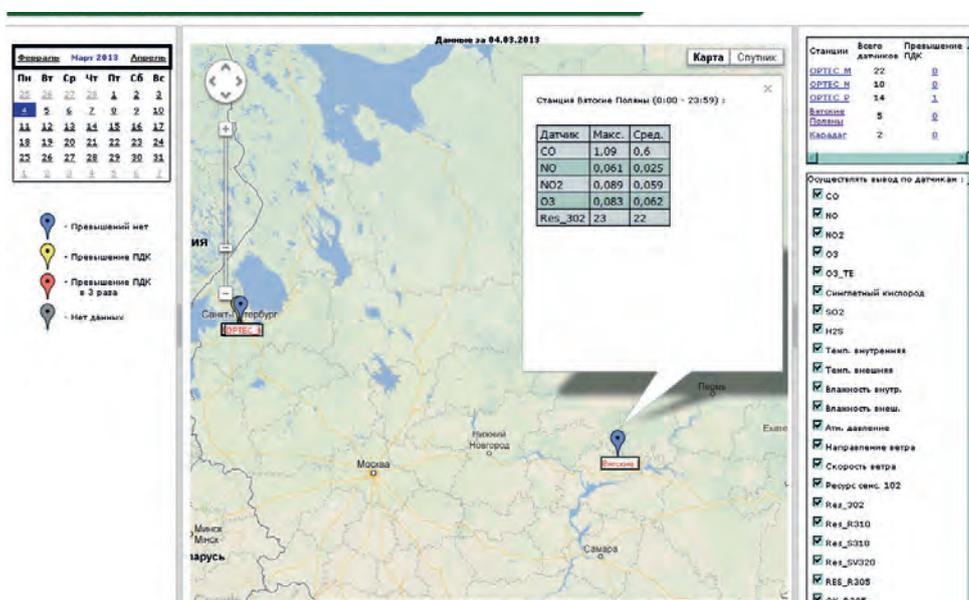
экрана в момент обращения оператора к станции мониторинга «Вятские Поляны» при наведении курсора и одного клика мыши.

Данные, полученные в результате успешной опытной эксплуатации сети автоматических станций

мониторинга атмосферного воздуха, позволяют говорить о возможности построения системы глобального мониторинга за изменчивостью концентраций атмосферных загрязнителей на территории Восточной Европы.



**Рис. 4.** Расположение автоматических станций мониторинга атмосферного воздуха для научных исследований на территории России



**Рис. 5.** Копия экрана в момент обращения оператора к станции мониторинга «Вятские Поляны» для получения оперативной информации о качестве атмосферного воздуха

### Литература

1. Звягинцев А.М., Котельников С.Н., Челибанов В.П. и др. Содержание озона над территорией Российской Федерации в 2012 г. // Метеорология и гидрология. – 2013. – № 2. – С. 121–127.

2. Сидоренко В.Н. Моделирование и экономическая оценка ущерба здоровью населения регионов России от загрязнения атмосферного воздуха // Вестник Сам. ГУ – Естественнонаучная серия. – 2006. – № 9 (49). – С. 270–276.