

УДК 551.502(470.21)

Программно-информационное обеспечение Системы комплексного мониторинга состояния атмосферы внутрикарьерного пространства

Петров Алексей Александрович, вед. программист

*Горный институт КНЦ РАН, 184209 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, д. 24
petrov@goi.kolasc.net.ru*

Месяц Светлана Петровна, зав. лабораторий геоэкотехнологий,

*Горный институт КНЦ РАН, 184209 г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, д. 24
mesyats@goi.kolasc.net.ru*

Аннотация

Разработано программно - информационное обеспечение Системы комплексного мониторинга состояния атмосферы карьера в режиме реального времени. Система мониторинга включает в себя набор технических и программных средств, осуществляющих непрерывный контроль метеорологических и газовых параметров атмосферы внутрикарьерного пространства, статистическую и аналитическую обработку данных мониторинга, формирование информационного ресурса, автоматизированный расчет суточного прогноза состояния атмосферы карьера, защиту данных информационного ресурса от несанкционированного доступа, представление конечной информации в формате пользовательских и графических интерфейсов для принятия обоснованных управленческих решений по обеспечению промышленной и экологической безопасности при ведении открытых горных работ.

Ключевые слова:

Внутрикарьерное пространство, атмосфера, Система мониторинга, метеопараметры, газовый состав, информационный ресурс, программно-аппаратный комплекс, прогноз, промышленная и экологическая безопасность.

Управление промышленной и экологической безопасностью на предприятиях горнодобывающей отрасли осуществляется в соответствии с нормами техники безопасности труда, что невозможно без точной и своевременной оценки реального состояния объектов природной среды. В соответствии с Федеральным законом “Об охране окружающей среды” и другими нормативными документами всякая производственная деятельность, приводящая к загрязнению природной среды, должна сопровождаться экологическим мониторингом и контролем. Система мониторинга должна выполнять функции автоматизированного измерения основных параметров состояния контролируемых объектов, а также функции сбора, передачи, обработки, хранения и доведения до потребителя, как исходной информации, так и результатов ее анализа[1].

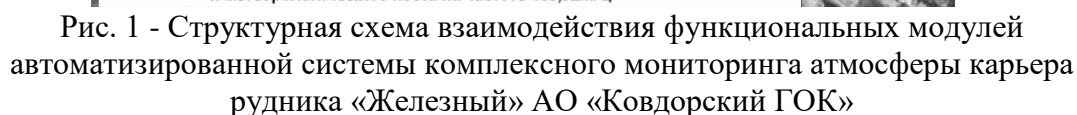
С целью повышения промышленной и экологической безопасности ведения открытых горных работ в Горном институте КНЦ РАН разработана система комплексного мониторинга состояния атмосферы карьера, в состав которой входят мониторинг метеоусловий, приводящих к скоплению загрязняющих веществ в рабочих зонах карьера, мониторинг газового состава атмосферы внутрикарьерного пространства, характеризующий уровни загрязнения, и снегосъемка, показывающая распределение загрязнения по глубине карьера [2].

Система комплексного мониторинга осуществляет контроль количественных и качественных показателей, характеризующих состояние атмосферы внутрикарьерного пространства, и формирует информационный ресурс для ее оценки с целью принятия обоснованных управленческих решений по планированию горных работ, обеспечивающему промышленную и экологическую безопасность производства.

Для автоматизированной работы системы комплексного мониторинга разработан набор технических и программных средств, направленных на выполнение задач оперативного контроля параметров атмосферы внутрикарьерного пространства в режиме реального времени.

В состав аппаратных средств системы комплексного мониторинга входят метеорологические станции, стационарные газоанализаторы, калибровочное оборудование, телеметрические контроллеры, беспроводные маршрутизаторы, радиомодемы, GSM-модемы, усилительные антенны, управляющий компьютер, сервер. Программное обеспечение включает в себя комплекс системных программ, выполняющих сервисные функции по управлению аппаратным обеспечением мониторинговой сети, и прикладных программ, реализующих задачи по формированию информационного ресурса и представлению конечной информации пользователю. Системные программы решают следующий круг задач: выполнение запросов мониторинговой информации с измерительных постов, контроль сетевой адресации и очередности запросов, инициализация и поддержание коммуникационных каналов, калибровка значений измерительных приборов, отправка данных мониторинга на сервер системы, восстановление работоспособности мониторинговой сети после сбоев. Прикладные программы предназначены для решения задач по аналитической обработке полученной информации, управлению базой данных, формированию информационного ресурса, наглядного представления данных мониторинга в формате пользовательских интерфейсов, экспорту данных для электронной документации.

На рисунке 1 представлена схема взаимодействия функциональных модулей автоматизированной системы комплексного мониторинга атмосферы карьера.



Управляющий компьютер в непрерывном режиме выполняет комплекс операционных задач, обеспечивающих взаимодействие функциональных модулей мониторинговой сети. Формирует и инициирует информационные и операционные запросы для измерительных постов, контролирует работу коммуникационного

оборудования, осуществляет передачу измерений на сервер системы комплексного мониторинга атмосферы карьера.

Удаленный доступ к операционной системе управляющего компьютера для корректировки программного обеспечения, устранения аппаратных и программных сбоев, ручного контроля работы функциональных модулей мониторинговой сети осуществляется через сеть «INTERNET» с помощью специальной утилиты RDP-протокола.

Программное обеспечение управляющего компьютера разработано в соответствии с техническими характеристиками мониторинговой сети. Все функции управляющего компьютера реализуются с помощью операционных скриптов, прикладных программ и утилит. В библиотеке планировщика задач операционной системы управляющего компьютера создан набор заданий, который определяет очередность и периодичность автоматического выполнения системных и прикладных программных модулей.

В приборное обеспечение метеорологических постов входит следующее оборудование: преобразователь метеоданных WXT520; телеметрический контроллер на основе радиомодема РМД-400; направленная шестиэлементная антенна; блок питания с выходным напряжением 12V и током нагрузки 2,5 А; коммутационные провода.

Преобразователь метеоданных с помощью встроенных электронных датчиков измеряет шесть основных метеорологических параметров атмосферы: скорость и направление ветра, атмосферное давление, количество осадков, температуру и относительную влажность воздуха. С интервалом в 5 секунд преобразователь осуществляет автоматическую передачу измеряемых параметров телеметрическому контроллеру через последовательный интерфейс RS-232 по ASCII протоколу. Телеметрический контроллер полученные данные упаковывает, переводит в бинарный вид и сохраняет в свою энергонезависимую память. При поступлении по радиоэфирu запроса от управляющего компьютера отправляется ответ с данными измерений.

Управляющий компьютер с помощью специальных программ в автономном режиме формирует информационные и операционные запросы метеорологическим постам, полученную информацию проверяет на наличие ошибок, возникших в результате помех в радиоэфире, сохраняет её на диске. Файлы с метеоданными ежечасно передаются на сервер системы комплексного мониторинга, где они импортируются в базу данных информационного ресурса.

В состав газоаналитических постов входят: стационарный газоанализатор «Монолит-2»; баллон с воздухом для калибровки нулевых значений газоанализатора; насос для подачи анализируемого воздуха; автоматическая система обогрева приборного шкафа; электромагнитный распределительный клапан для подачи сжатого воздуха; маршрутизатор беспроводной локальной сети; редукционный вентиль; блоки питания газоанализатора и маршрутизатора; коммутационные провода и трубки. Аппаратное обеспечение газоаналитических постов позволяет в непрерывном режиме круглосуточно контролировать газовый состав атмосферы рабочих зон карьера.

Многокомпонентный газоанализатор "Монолит-2" позволяет одновременно контролировать: недостаток (избыток) кислорода (O_2) и предельно-допустимые концентрации (ПДК) токсичных газов (CO , NO , NO_2) в воздухе рабочей зоны. Принцип действия газоанализатора основан на применении комплекса электрохимических и оптических датчиков. Измерения выводятся на дисплей прибора и передаются по протоколу «TELNET» в беспроводную локальную сеть.

Сбор данных с газоаналитических постов осуществляется управляющим компьютером с помощью специального программного обеспечения. Очередность информационных запросов строго определена в планировщике задач операционной системы. Запросы инициируется управляющим скриптом по расписанию с 3-х минутным интервалом.

На базе выделенного сервера разработан информационный ресурс системы комплексного мониторинга состояния атмосферы карьера, выполняющий комплекс специальных программ для решения следующих задач: автоматизированного импорта данных, поступающих от управляющего компьютера мониторинговой сети в базу данных информационного ресурса; статистической и аналитической обработки данных мониторинга; автоматизированного расчета прогноза состояния атмосферы карьера; экспорта информации из базы данных в файлы табличного формата; защиты данных информационного ресурса от несанкционированного доступа; представления информации в формате пользовательских и графических интерфейсов.

На главной странице ресурса отображаются текущие значения метеорологических параметров атмосферы внутрикарьерного пространства и концентрации измеряемых газов в воздухе атмосферы рабочих зон карьера, поступившие от управляющего компьютера мониторинговой сети. Значения измерений, обуславливающие развитие неблагоприятных метеоусловий, таких как штиль или температурная инверсия,

выделяются красным цветом. Также выделяются красным цветом значения измерений газоаналитических постов, при превышении ПДК контролируемых газов(CO, NO_x) в атмосфере рабочих зон карьера.

Для анализа динамики состояния атмосферы карьера в составе информационного ресурса реализован модуль генерации графиков по данным системы комплексного мониторинга. Графики отображаются на главной странице информационного ресурса в автоматическом режиме поочередно с 3-х минутным интервалом. Можно вручную выбрать нужный график для просмотра, нажав соответствующую кнопку, рисунок 2.

На главной странице информационного ресурса также можно просмотреть статистику измерений по каждому метеорологическому посту за последние 72 часа.



Рис. 2 – Главная WEB-страница информационного ресурса системы комплексного мониторинга атмосферы карьера

В составе информационного ресурса реализован программный модуль автоматизированного расчета прогноза состояния атмосферы внутрикарьерного пространства, который по данным мониторинга метеорологических параметров атмосферы карьера на основе принципов аэрологической диаграммы в автоматическом режиме рассчитывает суточный прогноз температурных характеристик атмосферы внутрикарьерного пространства.

Модуль выполняет графическую визуализацию ежечасного фактического и суточного прогностического распределения температуры воздуха атмосферы карьера по высоте для определения инверсионных и конвективных состояний атмосферы

внутрикарьерного пространства. Возможность образования слоев воздуха, затрудняющих развитие конвективных потоков в атмосфере карьера, определяется при сопоставлении взаимного расположения прогностических кривых стратификаций и кривых состояния атмосферы, построенных по сухоадиабатическому градиенту $1^\circ/100\text{м}$, характеризующих нормальное развитие конвекции и определяющих благоприятные условия проветривания [3]. Отклонение прогностической кривой стратификации выше кривой состояния атмосферы характеризует ухудшение условий проветривания, ниже – улучшение условий проветривания, рисунок 3.

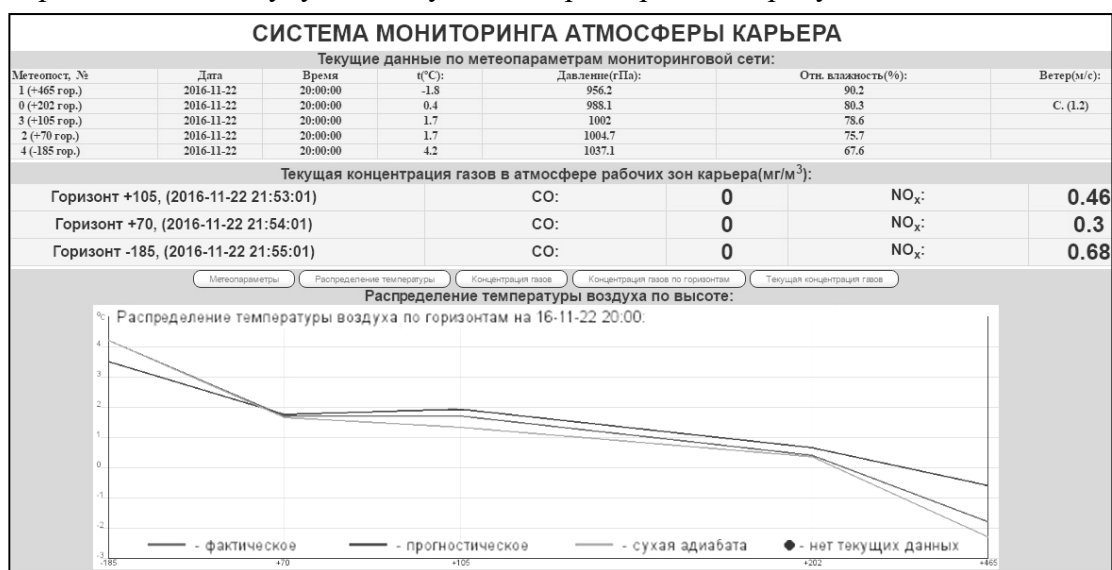


Рис. 3 – График ежечасного фактического и суточного прогностического распределения температуры воздуха атмосферы карьера.

С целью информационной поддержки управленческих решений по обеспечению промышленной и экологической безопасности при ведении открытых горных работ выполнена оценка состояния атмосферы внутрикарьерного пространства рудника «Железный» по данным информационного ресурса. Анализ данных мониторинга состояния атмосферы внутрикарьерного пространства за трехлетний период показал, что скопление загрязняющих веществ является следствием продолжительных температурных инверсий, когда на нижних горизонтах значительно холоднее, чем на верхних. Установлено, что суммарная продолжительность температурных инверсий в первый год составила более 280 часов, во второй более 250 часов. В третий год преобладали устойчивые конвективные условия, обеспечивающие естественную вентиляцию карьерного пространства и способствующие выносу вредных примесей за пределы карьера, продолжительность инверсионных периодов была значительно меньше и составила ~120-130 часов. Соответственно, случаев превышения ПДК

загрязняющих веществ в атмосфере карьера в первый и второй год зафиксировано значительно больше. Данные снегосъемки за этот период показали, что, несмотря на повышение границы загрязнения в карьере, в третий год уровень загрязнения был более низким, что соотносится с устойчивыми конвективными условиями атмосферы внутрикарьерного пространства [4].

В составе информационного ресурса разработан программный модуль экспорта результатов анализа данных мониторинга в файлы табличного формата. Модуль выполняет расчеты среднемесячных и среднегодовых значений параметров температурного и ветрового режимов, относительной влажности и атмосферного давления воздуха, концентраций контролируемых газов в атмосфере внутрикарьерного пространства и экспортирует результаты расчетов в табличные файлы.

Важным критерием современных информационных систем является наличие инструмента, обеспечивающего безопасность данных. В составе информационного ресурса системы комплексного мониторинга разработан программный модуль, реализующий авторизованный доступ к данным с целью защиты информации от утраты, нарушения целостности и несанкционированного доступа. Реализация привилегированного доступа к данным осуществлена за счет разделения пользователей на группы. У каждой группы есть свой уровень привилегий, от самого низкого к самому высокому. Всего в системе определены три группы пользователей. «Администраторы» осуществляют контроль над процессом эксплуатации информационного ресурса, управляют базой данных, контролируют целостность ее структуры, регулируют доступ к базе данных, определяют пользователям их группы привилегий. «Технологи» получают доступ к текущим и архивным данным системы комплексного мониторинга. Всем остальным пользователям определен информационный уровень доступа к текущим данным в режиме «только чтение». Редактировать данные и изменять структуру базы данных им запрещено. В целом, модульная структура информационного ресурса позволяет создавать и интегрировать новые алгоритмы обработки и анализа данных в качестве модульных решений в формате WEB-страниц, без необходимости остановки работы всего ресурса.

Таким образом, для обеспечения работы Системы мониторинга состояния атмосферы карьера в режиме реального времени разработан комплекс технических и программных средств, осуществляющих непрерывный контроль метеорологических и газовых параметров атмосферы внутрикарьерного пространства, формирование

информационного ресурса, статистическую и аналитическую обработку данных мониторинга, автоматизированный расчет суточного прогноза состояния атмосферы карьера, защиту данных информационного ресурса от несанкционированного доступа, представление конечной информации в формате пользовательских и графических интерфейсов для принятия обоснованных управленческих решений по обеспечению промышленной и экологической безопасности при ведении открытых горных работ.

Список литературы:

1. А. Проценко. Средства и методы промышленной автоматизации экологического контроля // Рациональное Управление Предприятием № 1, 2009. С. 30-33.
2. Месяц С.П., Петров А.А., Новожилова М.Ю. Разработка комплексного мониторинга состояния атмосферы внутрикарьерного пространства при ведении открытых горных работ //Сб. докладов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Мониторинг природных и техногенных процессов при ведении горных работ», 24.09-27.09.2013 г., Апатиты. / Российская академия наук, Горный ин-т Кольского научного центра РАН.- Т.1 – Апатиты; СПб.: «Реноме», 2013.- С.392-397.
3. Зорин А. В., Петров А.А., Андреев А.А. Методика прогноза метеоусловий в карьере на основе данных мониторинга атмосферы внутрикарьерного пространства //Сб. докладов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Мониторинг природных и техногенных процессов при ведении горных работ», 24.09-27.09.2013 г., Апатиты.
4. Месяц С.П., Петров А. А., Новожилова М. Ю., Аверина О. В. Оценка состояния атмосферы внутрикарьерного пространства на основе мониторинга метеоусловий, приводящих к скоплению загрязняющих веществ // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. Спецвыпуск. «Глубокие карьеры» С. 510-523.