5. Саммит ООН по продовольственным системам 2021 г. Научная группа. URL: <https://www.un.org/en/food-systems-summit/leadership#scientific-group> (дата обращения: 30.08.2021).
6. Романенко И.А., Сиптиц С.О., Светлов Н.М., Евдокимова. Устойчивость размещения аграрного производства по регионам России с учетом рисков климатических изменений. – Москва: Аналитик, 2018. – 168 с.

УДК 004.4

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-122-125

*Счастливец Е.Л., Быков А.А., Юкина Н.И., Харлампенков И.Е.,
Кемеровский филиал Федерального исследовательского центра информационных
и вычислительных технологий*

ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПЫЛЕГАЗОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

В статье рассмотрен опыт получения в оперативном режиме метеопараметров и данных замеров концентраций пыли на выбранном объекте с целью проведения расчетов для оценки загрязнения атмосферы. Описана созданная для решения этой задачи информационная система.

Ключевые слова: программно-аппаратного комплекс, метеостанция, датчики пыли, расчетные модели, геопортал, загрязнение атмосферы.

Действующая на предприятиях угольной промышленности система геоэкологического мониторинга построена на комплексе одиночных замеров по отдельным природным средам и их последующей обработке на основе сравнения с установленными нормативами загрязнения окружающей природной среды. Отметим, что система соответствует действующему природоохранному законодательству, но, тем не менее, не обеспечивает эффективного контроля и оценки воздействия функционирующего горнодобывающего предприятия на природные комплексы и население. Это связано, как с периодичностью измерений загрязнения окружающей природной среды, так и с точечным характером этих измерений, что практически не позволяет распространить эти данные на всю территорию ведения горных работ.

Для перехода от классического способа оценки экологической обстановки путем периодического отбора проб к непрерывному мониторингу необходимо создание нового класса информационно-аналитических платформ, обеспечивающих создание единого информационного пространства, соответствующего мировым стандартам обработки данных. В настоящее время появилось множество информационных систем в области экологии. К ним можно отнести:

1. Автоматизированная система автономного контроля сточных вод (АСАКС).
2. Система экологического мониторинга окружающей среды «СЭМОС».
3. Система экологического мониторинга Компании «ПРАЙМ ГРУП» и ОТОП.
4. Автоматизированная система экологического мониторинга научно-производственной фирмы «ДИЭМ».
5. Информационно-аналитическая система экологического мониторинга (ИАСЭМ).
6. ИС-КСУ «Экология»: Охрана окружающей среды.

Однако рассмотренные системы, как правило, направлены на задачи автоматизации документооборота в области экологии. В большинстве случаев они лишены компонентов для приема данных в автоматическом режиме от средств измерений (датчиков) и расчетных моделей для прогнозирования ситуации.

Нами предложен другой подход, основанный на объединении аппаратных средств измерения, модельных комплексов и информационной системы, которая обеспечивает инфраструктуру решения (рисунок 1). Основным источником данных выступает тандем из метеорологического комплекса и пылегазовых измерительных устройств, работающий в автоматическом режиме и отправляющих данные на сервер. Метеоданные позволяют с помощью нормативной модели МРР-2017 [1] и ПК ЭРА-ВОЗДУХ 3.0 [2] рассчитать поля суммарных

приземных концентраций. В свою очередь результаты замеров с датчиков отражают текущие значения концентраций пыли или газов для выбранных точек. Все это объединяется и наносится на электронную карту. Таким образом, появляется возможность в заданный момент времени провести комплексную оценку уровня загрязненности воздуха.

Рисунок 1. Общая схема работы системы мониторинга пылегазового загрязнения атмосферы

Для реализации описанной идеи были использована мобильная метеостанция и комплект разработанных в ФИЦ ИВТ датчиков. Метеостанция обеспечивает регистрацию и передачу значений скорости ветра (м/с), направления ветра (угловые градусы), температуры воздуха (°C), атмосферного давления (ГПа) и влажности (%) с интервалом в 10 минут. Датчики пыли (с размером частиц в 1, 2,5 и 10 мкм) и газа (CO, CO₂, NO₂ и SO₂) отправляют данные ежеминутных показаний концентраций каждый час.

В свою очередь при разработке программно-аппаратного комплекса (ПАК) применялись принципы, разработанные авторами для создания прикладных геопорталов [3]. Т. е. пользователь осуществляет взаимодействие с системой через стандартный API и веб-интерфейс. Поступающие запросы обрабатывает сервер приложений. Визуализация пространственных данных осуществляется через GeoServer. Сервер данных на основе СУБД PostgreSQL обеспечивает решение задачи хранения данных. Для организации взаимодействия между основными компонентами используются стандартные протоколы обмена пространственной информацией, разработанные консорциумом OGC (WMS, WFS, WCS, WPS и др.).

Однако для приема потока измерений и их оперативной обработки в архитектуру системы были внесены некоторые изменения. Добавлены специализированные блоки получения данных и система очередей для обмена сообщениями и координации всех компонентов. Такой подход позволяет запускать расчеты при поступлении новой порции данных. Схема взаимодействия модулей ПАК представлена на рисунке 2.

Рисунок 2. Схема взаимодействия элементов системы мониторинга и оценки загрязнения воздуха

С точки зрения пользователя основной экран ПАК выглядит как электронная карта, на которую наносятся пункты расположения датчиков, метеостанции и изолинии поля суммарных приземных концентраций (рисунок 3).

Рисунок 3. Интерфейс ПАК с отображением изолинии поля суммарных приземных концентраций

Работая с системой, пользователь видит текущие метеопараметры, может просматривать актуальные поля суммарных приземных концентраций по выбранному показателю (азота диоксид или пыль). При выборе на карте точки, в которой расположен датчик, получать график, отражающий изменения концентраций за выбранный период времени (рисунок 4).

Рисунок 4. Изменения концентраций пыли во времени

В 2019 году проведена успешная проверка работоспособности ПАК на основе реальных данных, полученных в процессе эксперимента на участке открытых горных работ ООО «Шахта № 12» (г. Киселевск, Кемеровская обл.), 01-08 октября 2019 г.

В 2020 году для ООО «Шахта № 12» ПАК был запущен в долговременную опытную эксплуатацию. Каждые 20 минут происходит измерение концентрации пылевых частиц и синхронно определяются метеопараметры: скорость ветра (м/с), направление ветра (угловые градусы), температура воздуха (°C), атмосферное давление (ГПа) и влажность (%). В режиме реального времени для текущих метеоусловий с использованием облачного сервиса рассчитываются по нормативной модели МРР-2017 [1] разовые концентрации с использованием ПК ЭРА-ВОЗДУХ 3.0 [2]. Результаты мониторинговых расчетов представляются на карте территории в виде изолиний поля суммарных приземных концентраций. Кроме того, в заранее указанных контрольных точках вычисляются значения суммарных концентраций с указанием вклада отдельных групп источников (само предприятие, городские котельные, дороги, частный сектор). Для каждого срока исходные данные, результаты замеров и расчетов сохраняются в архивах и могут быть при необходимости проанализированы при поступлении запросов природоохранных органов, общественности и служб предприятия.

В настоящий момент система работает с неизменными (базовыми) параметрами источников из действующего тома предельно допустимых выбросов (ПДВ) предприятия, что заведомо является причиной возможного несоответствия расчетов и замеров загрязнения атмосферы. Поэтому разработчиками программно реализована схема оперативной корректировки любых параметров участвующих в расчете источников. В основе схемы лежит использование базового состояния данных по источникам. Изменения параметров по сравнению с базовыми задаются в индивидуальном для каждого источника файле, где каждая строка начинается с указания времени (день, месяц, год, час, минута, секунда), начиная с которого параметры источника принимают указанные далее значения или процент изменения по сравнению с базовыми. Далее они считаются неизменными до срока, указанного в следующей записи. Однако, если источником выделения являются взрывные работы, то источник выброса считается действующим начиная с указанного срока и в течение назначенного пользователем интервала (по умолчанию 20 мин). При этом для взрыва могут быть заданы его технические характеристики, после чего параметры облака взрыва и значения выбросов всех загрязняющих веществ, будут автоматически вычислены по нормативной методике [3]. Для реальных мониторинговых расчетов авторами разрабатывается модуль ПАК, позволяющий техническим службам предприятия в режиме дружественного интерфейса оперативно задавать изменения выбросов или рассчитывать их на основе планируемой нагрузки оборудования.

Таким образом, был разработан программно-аппаратный комплекс для мониторинга загрязнения атмосферы в режиме реального времени. Комплекс состоит из датчиков инструментального контроля загрязнения атмосферы, метеостанции, модели расчета загрязнения атмосферы и блоков управления данными. В настоящее время в базе данных ПАК накоплен массив значений концентраций пыли и газов, который позволит перейти от задачи наблюдения за ситуацией к анализу и сопоставлению натурных замеров с расчетными.

Использованные источники:

1. Приказ Минприроды России от 06.06.2017 N 273 "Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе" (Зарегистрировано в Минюсте России 10.08.2017 N 47734).
2. Программный комплекс ЭРА-ВОЗДУХ, [Электронный ресурс]. URL: <https://lpp.ru/>. (дата обращения: 18.02.2021).
3. Потапов В.П., Гиниятуллина О.Л., Харлампенков И.Е. Технология разработки прикладных геопорталов // Обработка пространственных данных в задачах мониторинга природных и антропогенных процессов: труды всероссийской конференции. – Новосибирск: Институт вычислительных технологий Сибирского отделения РАН, 2017. – С. 26-30. ISBN 978-5-905569-08-1.
4. Отраслевая методика расчета количества отходящих, уловленных и выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ при сжигании угля и технологических процессах горного производства на предприятиях угольной промышленности. – Пермь: ОАО «МНИИЭКО ТЭК». – 2014. – 186 с.