Счастливцев Е.Л., Юкина Н.И., Харлампенков И.Е.
Информационная система экологической безопасности угледобывающего
предприятия

*ФГБНУ "Федеральный исследовательский центр информационных и
вычислительных технологий"
(Россия, Кемерово)*

doi:10.18411/sciencepublic-12-11-2020-03

idsp: sciencepublic-12-11-2020-03

Аннотация

В работе приведено описание информационно-вычислительной системы экологической безопасности угольного предприятия. Разработаны подсистемы мониторинга атмосферного воздуха, водных ресурсов, почвенного и растительного покрова, животного мира. Разработан каталог данных дистанционного зондирования техногенных объектов, модельные комплексы оценки и прогноза состояния элементов природной среды при ведении горных работ.

Ключевые слова: мониторинг, информационная модель, природная среда, химическое загрязнение, геоэкологическая оценка, дистанционное зондирование земли, экологическая безопасность.

Введение

Воздействие горного производства на окружающую среду и природные ресурсы носит многоплановый, длительный и комплексный характер. Комплекс работ по добыче угля вызывает геомеханические, гидрологические, химические, физико-механические, термические и биологические изменения в окружающей природной среде. В настоящее время, воздействие горного производства на окружающую среду далеко вышло за пределы горных отводов предприятий, что превращает локальную экологическую проблему угледобывающего или углеперерабатывающего предприятия в региональную геоэкологическую проблему. В связи с этим, представляет значительный интерес оценка воздействия на окружающую природную среду не только отдельного объекта горного производства, но и всего комплекса горных производств, расположенных в данном районе. Это обеспечивается за счет системы как наземного, так и дистанционного мониторинга.

Действующая система мониторинга угольной промышленности Кузбасса в целом практически не использует современных подходов к мониторингу природной среды, направлена на контроль ряда экологических параметров точечного характера и не позволяет обеспечить пространственного представления оценки и прогноза геоэкологического состояния угледобывающих районов.

Современный мониторинг окружающей природной среды угледобывающего района представляет собой информационно-вычислительную систему, в которой происходит накопление и обработка данных как наземного, так и дистанционного мониторинга. В целом, современная система мониторинга представляет собой блочную структуру (рис.1), связанную единым подходом, обеспечивающим интеграцию исследований с использованием геоинформационных систем, данных дистанционного зондирования и современных методов накопления, обработки и анализа неоднородных пространственных данных.

Отличительной особенностью информационного обеспечения современных систем экологического мониторинга является их распределенность. Это обеспечивает размещение отдельных блоков системы в сети Internet с организацией удаленного доступа на основе типовых программ клиента. Такой подход не только позволяет вести быструю разработку подсистем экологического мониторинга, но и дает возможность их

расширения за счет конкретных видов вычислительного сервиса, определяемого средствами облачных технологий.

Рис. 1 – Система мониторинга состояния окружающей среды горнодобывающего района.

Для всеобъемлющей оценки качества техноприродных вод сегодня требуется использование целого комплекса современных физико-химических методов и приборов (хромато-масс-спектрометров, атомно-эмиссионных спектрометров с индуктивно-связанной плазмой, спектроанализаторов гамма-излучения и т.д.), что необходимо для выявления специфичных поллютантов сбросов предприятий. В то же время, появляются станции, на основе «умных» датчиков, которые в автоматическом режиме способны вести поточный мониторинг основных поллютантов в сбросах угольной промышленности. Современные системы мониторинга, должны обеспечивать прием этих данных, обработку и представление в доступных форматах.

Человек как биологический вид может комфортно существовать только в биологическом окружении, поэтому одним из главных принципов устойчивого социально-экономического развития является сохранение природной среды обитания человека и ее восстановление после разрушительных воздействий. Устойчивость экосистем зависит от разнообразия видов, входящих в них, от соотношения численности видов, занимающих различные экологические ниши и трофические уровни, от репродуктивных свойств организмов и регуляции численности межвидовыми отношениями в сообществе и абиотическими факторами. Оценка качества природной среды является ключевой задачей любых мероприятий в области экологии и рационального природопользования. В результате мониторинга достигаются два важнейших результата – прогноз состояния экосистем и регулирование качества среды посредством управления.

Информационная система экологической безопасности угледобывающего предприятия состоит из следующих подсистем: мониторинг водных ресурсов; мониторинг атмосферного воздуха; мониторинг почвенного и растительного покрова;

мониторинг животного мира; мониторинг дистанционного зондирования техногенных объектов.

Подсистема мониторинга водных ресурсов

Подсистема мониторинга водных ресурсов включает в себя несколько компонентов, а именно базу данных водных ресурсов, базу данных учета сброса и забора водных ресурсов для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, модуль оценки качества вод и модуль построения отчетов. Указанные блоки взаимосвязаны между собой и доступны пользователю как через основное меню системы, так и через электронную карту, пример которой показан на рисунке 2.

Рис.2 - Точка мониторинга водных ресурсов

Базу данных водных ресурсов включает название предприятия, номера точек отбора сточных, техно-природных поверхностных и подземных вод. Точки отбора определяются координатами, названием, типом вод (поверхностные, подземные) водным объектом (рисунок 3). К точкам отбора проб привязаны даты отбора (в соответствии с актом отбора проб) и описание с номером протокола анализа проб и его датой.

Точки отбора						
<div> <div>+</div>ДОБАВИТЬ <div>−</div>УДАЛИТЬ <div>CSV</div> <div>XLS</div> <div>PDF</div> <div>СТОЛБЦЫ</div> <div>ПОКАЗАНО 20 СТРОК</div> <div>Поиск: <input type="text"/></div> </div>						
Код	Название	Описание	Водный объект	Тип вод	Инструменты	
2003	Скважина наблюдательная №7 (вода)	Скважина №7 (Наблюдательная). Поле шахты «Талдинская»	Талда	Подземные	<div> <div>🔍</div> <div>📄</div> <div>✎</div> <div>🗑️</div> </div>	
2005	Скважина наблюдательная №8 (вода)	Скважина №8 (Наблюдательная). Поле шахты «Талдинская»	Талда	Подземные	<div> <div>🔍</div> <div>📄</div> <div>✎</div> <div>🗑️</div> </div>	
2006	Скважина наблюдательная №9 (вода)	Скважина №9 (Наблюдательная). Поле шахты «Талдинская»	Талда	Подземные	<div> <div>🔍</div> <div>📄</div> <div>✎</div> <div>🗑️</div> </div>	
2002	Скважины наблюдательные №3,4 (вода)	Скважины наблюдательные №3,4 (вода). Взята из таблицы предприятия.	Талда	Подземные	<div> <div>🔍</div> <div>📄</div> <div>✎</div> <div>🗑️</div> </div>	
15001	Контрольная точка отбора проб в точке выпуска №3 сточных вод в р. Талда	Контрольная точка отбора проб в точке выпуска №3 сточных вод в р. Талда	Талда	Точки производственного мониторинга поверхностных вод	<div> <div>🔍</div> <div>📄</div> <div>✎</div> <div>🗑️</div> </div>	

Рис. 3 – Общий вид раздела «Точки отбора»

Пробы характеризуются гидрохимическими, физическими, микробиологическими и паразитологическими показателями. В случае необходимости приводятся расходные и уровневые (например, для подземных вод) показатели.

Базы данных водопотребления и водоотведения включает классификатор водных объектов, перечень участков водозабора (наименование организации, эксплуатирующей водозаборные сооружения, пункты забора вод, наименования средств измерения забора воды, наименование водного объекта) и участков водосброса (наименование организации, эксплуатирующей водосбросные сооружения, пункта выпуска вод, наименования средств измерения расходов сточных вод, наименование водного объекта). По каждому участку ведется журнал забора / сброса вод с возможностью внесения ежедневных записей.

Блока аналитических расчетов обеспечивает формирование таблиц и графиков, отражающие состав и концентрацию загрязняющих веществ в пробах воды и снега. Построение гистограмм (линейных графиков) для отражения динамики изменения концентраций загрязняющих веществ во времени или между точками отбора проб за выбранную дату. Построение круговых диаграмм для отражения соотношения концентраций загрязняющих веществ выбранной пробы. Выгрузка сводных таблиц в Excel.

Модуль отчетности предназначен для формирования отчетов, установленных законом РФ [1-3] и таблицы - 2 ТП Водхоз. Результирующая таблица может импортироваться в Excel.

Модуль анализа качества водных ресурсов реализует следующие методы оценки качества поверхностных вод: энтропийный [4], оценка качества воды с использованием удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) [5] и оценки качества вод по ассоциативным показателям (АП) [6]. Для выбора оптимальных методов очистки подземных вод необходимо знать их состав. Самые распространенные и простые методы: классификация Алёкина [7] и по формуле Курлова [8].

Подсистема мониторинга распространения и выпадения атмосферных аэрозолей

Подсистема мониторинга распространения и выпадения атмосферных аэрозолей включает информацию о размещении объектов выбросов атмосферных загрязнений, объемах и составе выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, метеоусловиях в районе ведения горных работ. Условно разделена на две части. К первой относится база данных лабораторного контроля запыленности и загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. При ее проектировании за основу взяты предоставленные образцы протоколов лабораторных испытаний атмосферного воздуха. Учитывая их структуру и пространственный характер точек замера предложена следующая иерархия данных: точка отбора (замера) проб воздуха — проба (протокол) — анализ пробы (перечень загрязняющих веществ с концентрациями). Для удобства и единообразия внесения информации схема дополнена тремя таблицами справочников (единицы измерения, направления ветра, измеряемые вещества). Ко второй части база данных мониторинга атмосферного воздуха на основе датчиков и мобильных метеостанций в сочетании с системой мониторинга распространения и выпадения атмосферных аэрозолей на базе программного комплекса «Эра». Включает в себя инструментальный и расчетный мониторинг загрязнения атмосферы в зоне влияния источников выбросов, расположенных на промплощадке угольного предприятия. В структуру модели входит база данных источников атмосферных загрязнений объекта мониторинга, которая содержит координаты источников выбросов загрязняющих веществ, их код, перечень, характеристику источников (высота, диаметр, ширина и т.д.), объем отходящего загрязняющего вещества, скорость истечения, температура, коэффициент рельефа и другие данные, необходимые для оценки параметров распространения и выпадения

атмосферных аэрозолей. Пример расчета максимальной разовой концентрации от источника приведен на рисунке 4.

Рис. 4 – Расчет максимальной разовой концентрации NO₂ (Выброс 10 г/с, ПДК=0.2 мг/м³) от участка ведения горных работ, представленного площадным источником в виде произвольного полигона.

В конечном счете, подсистема на основе данных мониторинга (включая систему «умных» датчиков) обеспечивает непрерывную оценку изменений качества окружающей природной среды в соответствии с действующими критериями, как при ведении горных работ, так и при проведении массовых взрывов. Для пользователя формирует карту-схему отражающую как общее загрязнение окружающей природной среды, так и вклад угледобывающего предприятия в это загрязнение.

Подсистема мониторинга почвенного покрова

Подсистема мониторинга почвенного покрова включает следующие блоки: карту-схему структуры почвенного покрова (типы и подтипы почв) территории, прилегающей к горным работам угольного предприятия, карту-схему нарушенных горными работами земель (создаваемая по данным наземного обследования и дистанционного мониторинга); карту-схему рекультивированных земель (создаваемая по данным наземного обследования и дистанционного мониторинга); кадастровые данные почвенных участков района горных работ угольного предприятия; базу данных состояния почвенного покрова, включающую геоморфологические, физико-механические, агрохимические показатели почв, а также геохимическое, микробиологическое и паразитологическое загрязнение почв и почвенно-экологическую оценку состояния, прилегающего к горным работам почвенного покрова.

Подсистема мониторинга растительного покрова и животного мира «биоразнообразие»

Подсистема мониторинга включает следующие блоки: геоботаническую карту-схему территории, прилегающей к горным работам; базу данных состояния растительного покрова, базу данных животного мира и геоэкологическая оценку состояния, прилегающего к горным работам растительного покрова.

Информационная модель базы данных «Биоразнообразие»: включает название предприятия, номера пробных площадок, их координаты, фотографию ландшафта, фотографию видов растительности и животных. Пробные площадки характеризуются геоморфологическими показателями, описаниями растительного покрова, геохимического загрязнения растительного покрова.

Подсистема мониторинга дистанционного зондирования техногенных объектов

Дистанционный мониторинг является одним из эффективных средств контроля экологических параметров природных комплексов. При этом, наиболее актуальными являются данные обеспечивающие эффективный контроль техногенного воздействия на почвенный и растительный покров, атмосферный воздух и водные ресурсы.

Основными задачами современного дистанционного мониторинга являются:

- оперативного обнаружения и мониторинга загрязнения окружающей среды при добыче угля (в основном открытым способом);
- мониторинг процессов погрузки и транспортировки угля;
- мониторинга процессов в районах интенсивного техногенного воздействия, связанных с технологическими процессами добычи угля (промышленные взрывы, звуковое воздействие на население);
- мониторинга границ лицензионных участков;
- контроля загрязнения снегового покрова;
- контроля соблюдения лицензионных соглашений в местах добычи полезных ископаемых;
- мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий, и биоразнообразия в районах интенсивной угледобычи, оперативная оценка техногенного воздействия на уровне деградации земель, включая оценку смещений земной поверхности.

Информация о состоянии поверхности поступает со спутников, как правило, в виде цифровых изображений, что является самой характерной чертой дистанционных методов. Обработка изображений проводится на сложных программно-аппаратных комплексах, включающих как мини-кластеры, так и высокопроизводительные кластеры.

Для хранения исходных данных и тематических продуктов обработки создается блок базы данных (БД) системы. База данных обеспечивает хранение исходных мульти/гиперспектральных и радарных данных с отечественных (Ресурс-П, Канопус-В) и зарубежных (Sentinel-1/2, Landsat и др.) космических аппаратов.

Анализ данных обработки снимков космического дистанционного мониторинга проводится по индексам NDVI (нормализованный вегетационный индекс растительности), LAI (индекса лиственного покрова) и индексу CW (содержания влаги в листе).

Заключение

Предлагаемые решения обеспечивают перевод действующей системы мониторинга на принципиально новый технологический уровень, обеспечивающий интеграцию данных наземного и дистанционного мониторинга с данными расчетных сервисов для анализа и оценки воздействия предприятия на окружающую природную среду и население близ лежащих населенных пунктов.

Предлагаемая информационно-вычислительная система обеспечивает взаимодействие с программно-аппаратными комплексами автоматического мониторинга загрязнения природной среды (вода, атмосфера).

Внедрение современных информационных технологий, программно-технологических и программно-аппаратных методов непрерывного контроля состояния окружающей природной среды обеспечивают высокий уровень экологической безопасности предприятия и сокращение расходов на лабораторный аналитический контроль.

1. О внесении изменений в статистический инструментарий для организации Федеральным агентством водных ресурсов федерального статистического наблюдения за использованием воды [Электронный ресурс]: Приказ Росстата от 5 мая 2016 года № 227. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

2. Об утверждении статистического инструментария для организации Росводресурсами федерального статистического наблюдения об использовании воды [Электронный ресурс]: Приказ Росстата от 19.10.2009г. № 230 (с изм. на 05.05.2016г.) Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 3. Об утверждении порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества [Электронный ресурс]: Приказ Минприроды РФ от 08.07.2009 № 205. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
 4. Логов А.Б., Опарин В.Н., Потапов В.П., Счастливцев Е.Л., Юкина Н.И.. Энтропийный метод анализа состава техногенных вод горнодобывающего региона // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. Издательство: Сибирское отделение РАН (Новосибирск), 2015. № 1. С.168-179.
 5. РД 52.24.643-2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.- утв. 30.12.2002 Росгидрометом
 6. Ковалев В.А., В.П. Потапов, Е.Л. Счастливцев, Ю.И. Шокин. Моделирование геоэкологических систем угледобывающих районов. Новосибирск: СО РАН, 2015. 298 с.
 7. Классификация ионного состава воды О.А. Алекина. URL: <https://helpiks.org/7-302.html> (дата обращения: 15.04.2020).
 8. Характеристика химического состава и оценка свойств подземных вод. Формула Курлова URL: <https://studfile.net/preview/2465167/page:4/> (дата обращения: 15.04.2020).
-