

**В.А. Потапенко, А.М. Восканян**

## ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ПОДМОСКОВНОМ УГОЛЬНОМ БАССЕЙНЕ

Для наблюдения за состоянием геологической и гидрогеологической среды Подмосковным НИУИ был разработан рабочий проект комплексного экологического мониторинга последствий закрытия угольных шахт в Тульской области. Описаны возможности использования геоинформационных систем для определения местонахождения штрека или пикета в данный момент исследований, гидронаблюдательных скважин, срезанных по кромке земли. Появление навигаторов с закрытой платформой «Garmin» и «Navitel» позволили использовать технологию спутниковой навигации для нужд мониторинга. Однако внедрить практически в память навигатора планы горных работ и привязать их к стандартной географической системе координат удалось только на основе устройства с операционной системой «Android», которая создана на основе открытой системы «Linux».

**Ключевые слова:** геологическая и гидрогеологическая среды, Подмосковный угольный бассейн, мониторинг, спутниковая навигация, шахтные поля.

**В** процессе реструктуризации угольной промышленности в Подмосковном бассейне с 1993 по 2005 г. были закрыты 22 шахты.

В восьми шахтах ликвидация горных выработок производилась традиционными методами: закладкой, обрушением, заливанием и засыпкой горных выработок. В 14 шахтах горизонтальные выработки ликвидировались способом самозатопления путем прекращения откачки подземных вод водопонижающими скважинами и подземными водоотливами. Выработки главных направлений в пределах охранных целиков закладывались горной породой.

В результате прекращения откачки подземных вод восстанавливаются уровни водоносных горизонтов выше отметок залегания угольного пласта, что приводит к естественному затоплению горных выработок. При этом происходит загрязнение подземных вод, которые являются единственным источником водоснабжения населения Тульской области.

Кроме того, ликвидация горных выработок обрушением и затоплением, из-за сравнительно их неглубокого залегания (30–120 м), приводит в сдвиганию горных пород, карстообразованию и изменению дневной поверхности за счет суффозионных процессов. На поверхности они проявляются в виде оседания, трещин, провалов.

Для наблюдения за состоянием геологической и гидрогеологической среды Подмосковным НИУИ был разработан рабочий проект комплексного экологического мониторинга последствий закрытия угольных шахт в Тульской области. Для его осуществления создано ЗАО «Центрэкомониторинг».

Рабочий проект предусматривает организацию геомеханического, гидродинамического и гидрохимического экомониторинга. Наблюдение за геомеханическими процессами организовано на маршрутах вдоль выработок главных направлений с отходом от них по отработанным площадям на

300–400 м. При маршрутных исследованиях выявляются и фиксируются нарушения земной поверхности; определяется местоположение техногенных нарушений относительно горных выработок; устанавливаются размеры и формы нарушений. Для наблюдения за изменениями гидродинамического режима и химического состава подземных вод создана сеть из гидронаблюдательных скважин.

Обследование шахтных полей ликвидированных шахт сопряжено с рядом трудностей, основной из которых является привязка конкретных подземных объектов, обозначенных на планах горных пород, к дневной поверхности. Как правило, после закрытия шахт, все привычные ориентиры (энергетические киоски, линии ЛЭП, скважины, и даже здания и технические сооружения и дороги) бывают полностью уничтожены. Кроме этого, существовавший режим секретности, является причиной почти полного отсутствия привязки на планах горных работ конкретных горных сооружений к объектам на поверхности и географической сети. Весьма ограниченное финансирование при

проведении инженерных геолого-экологических маршрутных исследований делает невозможным проведение специальных топографических работ. Только по остаточным признакам подвалок, контурам лесных опушек и населенных пунктов приходится определять искомые точки и направления. Использование планов горных работ на дожде и ветре или в тесном салоне автомобиля – источник дополнительных неудобств.

Публикация в последние годы в Интернете подробной топографической информации и даже космических снимков нашей местности высокого разрешения позволили сделать первый шаг в облегчении ориентации на шахтных полях. Уже несколько лет существует и успешно развивается проект «SAS-Планета». На сайте предлагается систематически обновляемая программа. В этой программе можно скачивать географическую информацию со всех существующих на сегодня серверов, специализирующихся на топографии. Кроме большого количества весьма полезных опций, существует опция, которая позволяет создать фотографию



План горных выработок шахты Дубовская на космическом снимке в формате «.png»

нужного нам участка поверхности в удобном масштабе. Остается отсканировать или сфотографировать план горных работ, т.е. получить цифровой вариант плана. Далее необходимо наложить обе фотографии в одинаковых масштабах.

При этом возможны два варианта: перевести план горных работ в векторную форму графики и наложить на топографическую карту, или совместить растровые изображения в формате «.png», настроив полупрозрачность основы и наложенного изображения. Полученные цветные фотографии, на которых отчетливо видны детали поверхности размером с автомобиль и все подземные выработки значительно облегчили ориентирование при маршрутных исследованиях (см. рисунок).

Появление навигаторов с закрытой платформой «Garmin» и «Navitel» позволили использовать технологию спутниковой навигации для нужд мониторинга. Однако внедрить практически в память навигатора планы горных работ и привязать их к стандартной географической системе координат удалось только на основе устройства с операционной системой «Android», которая создана на основе открытой системы «Linex».

Работая с планшетом, адаптированным на спутниковую навигацию по шахтным полям с видимыми горными работами, многократно облегчила мониторинг. По прибытии на конкретную шахту включается планшет, запускается программа навигации, на экране появляется изображение участка, где вы находитесь, и точка положения планшета обозначается маркером. Все дальнейшие передвижения фиксируются цветным треком.

В качестве навигационной программы на мобильном планшете используется мобильный вариант программы «SAS–Планета» – программа «SAS4Android». Эта программа использует географические карты и космоснимки в виде упорядоченных по географическим координатам квадратных вырезок изображений – тайлов. Перевод совмещенного плана горных работ и основы на космическом снимке в тайловый формат позволяет решить специальная программа «API Yandex.Карт». Для ее работы необходимы следующие данные: размер изображения в пикселях минус один пиксель, географические координаты четырех углов плана, и матрица записи названий папок и названий тайлов вшего конкретного участка. Все данные координат и размеров изображения записываются в специальный файл с расширением .tab при формировании основы в программе «SAS–Планета», а формат записи можно узнать, скачав космоснимок исследуемого участка в формате «yandex тайлов» в папке «cache» – хранилище тайлов.

Использование геоинформационных систем дает возможность с идеальной точностью определять над каким штреком и на каком пикете вы находитесь в данный момент исследований; позволяет за короткое время находить в высокой траве и снежном покрове гидронаблюдательные скважины, срезанные по кромку земли.

Обследование шахтных полей с использованием мобильных планшетов и геоинформационной системы «GPS–Глонас» проведено на четырех шахтах в короткие сроки и с большой точностью.

## **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

---

Потапенко Вячеслав Алексеевич – доктор технических наук, профессор, действительный член АГН, генеральный директор ЗАО «ГНИИУИ», e-mail: pniui2@mail.ru,  
Восканян А.М. – ЗАО «Центрэкомониторинг».

## GEOINFORMATION SUPPORT OF ECOLOGICAL MONITORING IN MOSCOW COAL BASIN

Potapenko V.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Full member of the Academy of Mining Sciences, General Director, Research and Design Institute PNIUI, e-mail: pniui2@mail.ru,  
Voskanyan A.M., ZAO Tsentrekomonitoring.

Aimed at control of geological and hydrogeological environment, Research and Design Institute PNIUI has developed a working draft of integrated ecological monitoring of coal mine closure implications in the Tula Region. Applicability of geoinformation systems to locating drives or survey marks, or hydrology observation holes with mouths at the ground level at a time is described. Availability of Garmin and Navitel navigation allows monitoring using satellite navigation technology. Actual introduction of mine plans in the navigation device memory and connection with standard Geographical Reference System was only succeeded with the device with Android operating system based on Linux.

*Key words:* geological and hydrogeological environment, Moscow Coal Basin, monitoring, satellite navigation, mine fields.



## О Т Д Е Л Н Ы Е С Т А Т Ъ І ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ГОРНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Шурыгин Дмитрий Николаевич – кандидат технических наук, доцент, e-mail: shurygind@mail.ru, Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Голик Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, e-mail: v.i.golik@mail.ru, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет).

Рассмотрен процесс автоматизации прогнозирования горно-геологических условий при проектировании эффективных геоинформационных систем управления горным предприятием в условиях неполноты и недостаточной достоверности геологической и геотехнической информации о месторождении полезного ископаемого и процессов, протекающих в горном массиве при производстве горных работ. Предложен подход к формированию структуры и базы геологических данных, необходимых для принятия прогнозных решений. Выявлена роль и функциональные особенности модуля автоматизированного прогнозирования и комплекса математических методов для моделирования толщи горных пород с последующим прогнозом различных качественных и количественных условий разработки месторождений полезных ископаемых.

*Ключевые слова:* геоинформационная система, прогнозирование, математическое моделирование, массив пород, горно-геологические условия.

### STUDY OF THE AUTOMATION PROCESS OF THE FORECASTING OF MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS OF A MINING COMPANY MANAGEMENT

Shurygin D.N., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: shurygind@mail.ru, M.I. Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), 346428, Novocherkassk, Russia, Golik V.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: v.i.golik@mail.ru, North Caucasus Mining-and-Metallurgy Institute (State Technological University), 362021, Vladikavkaz, Russia  
ACKNOWLEDGEMENTS

Work is executed at financial support of RFBR, project No. 14-35-50912 mol\_nr.

*In the article the process of automation of the forecasting of mining and geological conditions when designing effective geo-information systems of a mining company management in the conditions of incomplete and insufficient reliability of geological and geotechnical information about the deposit of minerals and processes in mountain massif in the production of mining operations. The approach to structure formation and geological database, necessary for making predictive decisions. The role and functional features of the module of automated forecasting and complex mathematical methods for modelling the strata of rocks, followed by a forecast of the various qualitative and quantitative conditions for the development of mineral deposits.*

*Key words:* geographic information system, forecasting, mathematical modeling, strata of rocks, mining and geological conditions.