

УДК 622.831:004

Игнатов Ю.М., доцент, к.т.н.  
Роут Г. Н., доцент, к.т.н.  
(КузГТУ, г. Кемерово)  
Ignatov Yuri M, associate Professor  
Rout Gennady N., associate Professor F.  
(KuzSTU, Kemerovo)

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЛОЧНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ  
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МОНИТОРИНГА ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ  
СИТУАЦИИ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА**

**EXPERIENCE IN USING A BLOCK MODEL TO SOLVE  
PROBLEMS OF MONITORING THE GEOMECHANICAL SITUATION  
OF A EXCAVATION SITE**

*Аннотация*

*В статье приведены результаты прогнозирования геомеханической ситуации выемочного участка лавы 50-03, пласта 50, шахты им. В. Д. Ялевского по методике геоинформационного моделирования. Приведены фактические показатели по устойчивости кровли полученные с помощью датчиков при горных работах. Подтвердилась правильность прогнозного зонирования площади выемочного участка лавы 50-03 по геологическим условиям.*

*Annotation*

*The article presents the results of forecasting the geomechanical situation of the excavation site of lava 50-03, formation 50, the V. D. Yalovsky mine using the geoinformation modeling technique. The actual indicators for the stability of the roof obtained using sensors during mining operations are given. The correctness of the forecast zoning of the area of the 50-03 lava excavation site according to geological conditions was confirmed.*

Внедрение цифровизации, как нового инструмента для сбора и обработки исходных данных, позволяет повысить надёжность прогнозирования и в режиме реального времени при ведении горных работ, принимать экстренные решения, если геомеханическая ситуация в очистном забое изменилась. Для цифровизации необходимо выполнить представление объектов и процессов горной технологии в виде цифровых моделей, описывающих свойства и поведение таких объектов в едином пространстве цифрового маркшейдерского плана горных выработок (ЦМП) [1].

При вводе исходных данных, для создания маркшейдерской горной графической документации в цифровом виде, необходимо выполнять следующие основные требования:

- обеспечивать возможность и оптимальность представления в цифровой форме всей информации, составляющей ЦМП;
- определять структуру и содержание пространственной информации, входящей в состав ЦМП;
- включать в цифровое описание объектное представление пространственной информации с необходимой точностью.

Структурной единицей цифрового описания пространственной информации в составе ЦМП является цифровой объект, который имеет графическое представление, т. е. является графической моделью реального пространственного объекта. Модели объектов могут быть различны, в зависимости от вида и типа решаемых с их помощью задач.

Цифровое описание объекта любого типа должно включать:

- иерархический системный идентификатор;
- метрику (поскольку цифровой объект отображает в цифровом плане реальный пространственный объект, локализованный в пространстве);
- семантику (поскольку любой пространственный объект имеет ряд свойств (параметров, атрибутов), часть из которых используется для решения практических задач).

Данные положения выполнялись нами при ведении исследовательских работ описанных далее. Создана блочная модель выемочного участка, в которой построение цифровых моделей непрерывных полей размещения признака производилось с применением аналитических и моделирующих функций в геоинформационной системе (ГИС).

Оценивалась деформационная сложность гипсометрии пласта, которая обуславливает изменение углов падения, проявление пликативных и дизъюнктивных форм дислокаций. Выявлялись зоны с ухудшением горно-геологических условий отработки:

- зона шарнира флексурной складки в которой породы, вмещающие угольный пласт, дислоцированы, осложнены повышенной экзогенной трещиноватостью, что обуславливает неустойчивость нижнего слоя и обрушением вдоль очистного забоя на высоту 0,50-2,00 м.
- малоамплитудные нарушения с амплитудой смещения 1,0-3,0 м, вскрываются очистными выработками внезапно, создают зоны с весьма неустойчивыми породами кровли и повышают аварийность при выемке угля.

В прогнозируемых аномальных зонах с ухудшением геологический условий в «Паспорте выемочного участка» должны быть предусмотрены организационно-технические мероприятия:

1 Выбор способа и средств управления кровлей очистного забоя, обоснование параметров крепи следует проводить с учётом разрушения боковых пород на основании их типизации по устойчивости, обрушаемости и нагрузочным свойствам.

2. С целью недопущения вывалов с высыпанием большого объёма породы в аномальных зонах производить затяжку кровли, а в случае необходимости производить анкерование кровли.

3. В случае обрушения пород кровли и образования вывалов над перекрытиями секций крепи необходимо выкладывать клетки из брусьев или деревянных стоек.

Использования блочных моделей для решения задачи прогнозирования геологических условий выполнено нами для пласта 50 шахты им. В. Д. Ялевского. Произведено конвертирование векторного маркшейдерского плана горных выработок в ГИС-технологию и создана блочная модель исходных данных. Созданная база горно-геологических показателей для горно-геологического прогноза и последующих исследовательских работ содержит исходные данные согласно документа [2]:

- геологических наблюдений и измерений в горных выработках;
- отчетов о детальной разведке и доразведке шахтного поля;
- работ маркшейдерской службы;
- геофизических работ;
- работ других служб шахты;
- научно-исследовательских и проектно-изыскательных работ.

На планы горных выработок нанесены данные о состоянии горных работ, о геологических условиях, о наличии и характере опасных зон, все точки пересечения пласта разведочными скважинами. На плане отражены точки измерений трещиноватости, места взятия проб и полученные физические и механические свойства пород, геологические нарушения и другие см. рис.1.



Рис.1. Копия фрагмента цифрового плана горных выработок по пласту 50 шахты им. В.Д.Ялевского

Сформулирована задача количественно оценить и произвести зонирование площади пласта 50 по устойчивости кровли. По нашей методике геоинформационного моделирования [3] произведено построение пространственных полей, создание цифровых моделей с применением аналитических и моделирующих функций в ГИС. Приводим далее некоторые результаты.

Определение устойчивости кровли пласта 50 выполнялось с помощью вычисления прогнозируемых шагов периодического обрушения непосредственной и основной кровли по рекомендациям проф. В. Д. Слесарева по методу [4]. Показатели составили для непосредственной кровли 6.8 м, для основной кровли 17.1м. Решена задача зонирования горного массива, по фактору вторичных осадок кровли, с визуализацией результатов на прогнозных планах горных работ по нашей методике [5].

Полученные результаты прогнозирования опубликованы в наших работах [1,6] до начала очистных работ в лаве 50-03. В период работы лавы нами велись наблюдения, и результаты опубликованы в работе [7]. Измерения давления пород на секции крепи с 04.10.2017 г. по 24.11.2017 г. производились с помощью датчиков давления (ДД), установленных на секциях механизированной крепи №5, №66, №125, см. рис. 2.

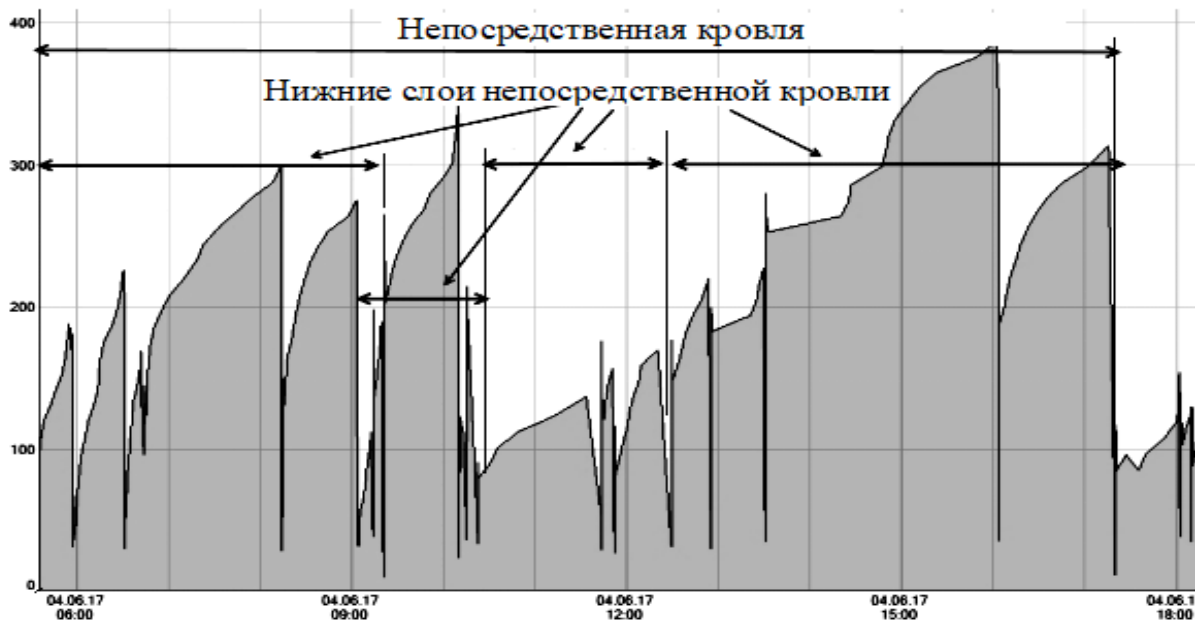


Рис. 2. Анализ шагов обрушения кровли датчика ДД 15

Определение шагов обрушения кровли производилось исходя из анализа данных наблюдений за давлением в гидростойках крепи. Оценивались циклы обрушения кровли и результаты сведены в таблицу.

Таблица

Шаги обрушения кровли по показаниям датчиков

Кровля	Период наблюдений	Количество циклов обрушения	Шаг обрушения кровли	Средний шаг обрушения	Среднее время обрушения, час
Непосредственная	С 02.06.20 по 05.06.2017 Датчик ДД15	15	12.0	12.8	11.4
		17	13.6		
		16	12.8		
	С 02.06.20 по 05.06.2017 Датчик ДД17	12	9.6	11.8	7.5
		14	14		
		9	7.2		
		11	8.8		
	С 09.06.2017 по 12.06.2017 Датчик ДД 16	13	10.4	6.7	7
		8	6.4		
		8	6.4		
		7	5.6		
		9	7.2		
		9	7.2		
		10	8.0		
		8	6.4		

Из анализа данных с датчиков давления, сделаны следующие выводы:

1. Обрушение пород кровли происходит поэтапно по мере подвигания забоя, первоначально обрушаются нижние слои непосредственная кровли (2–4 м), далее верхние слои непосредственной кровли (5–7 м) а за ней основная кровля пласта.

2. Шаги вторичных посадок пород непосредственной кровли вблизи конвейерного штрека составили 12,8 м, вблизи вентиляционного штрека составили 11,8 м, на центральном участке составили 6,7м.

3. Шаги вторичных посадок основной кровли в среднем составляли 15-20 м.

Аномальных зон при работе лавы не встретилось, как нами было указано в прогнозе в [1].

Таким образом, можно сделать вывод, что результаты наблюдений подтвердили правильность прогнозирования геологических условий выемочного столба 50-03.

### **Выводы**

1. Результаты прогнозирования геомеханической ситуации на выемочный участок 50-03, с использованием блочной модели, выполненные нами и опубликованные в печати до начала горных работ подтвердились по параметрам а также по наличию аномальных зон на участках шахтного поля.

2. Преимуществом прогнозирования при блочном моделировании, является появление возможности зонирования выемочного столба по горно-геологическим условиям для последующего учёта такой детализации при принятии проектных решений.

### **Список литературы**

1. Гагарин, А. А. Анализ маркшейдерских цифровых планов для последующего включения их в геоинформационную систему / А.А Гагарин, Ю. М. Игнатов, Г. Н. Роут, М. М. Латагуз // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. № 1. – С. 25-34.

2. Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации, С-Петербург, ВНИМИ, 1993. - 147с.

3. Игнатов, Ю.М. Анализ результатов оценки устойчивости кровли пласта для совершенствования методики горно-геологического прогноза выемочного участка / Ю. М. Игнатов, А. А. Гагарин, Г. Н. Роут // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2022. № 2. – С. 30–40.

4. Калинин. С. И. Анализ влияния горно-геологических условий на производительность очистного забоя для цифрового моделирования горного массива / С. И. Калинин, Ю. М. Игнатов, Г. Н. Роут, А. А. Гагарин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2019. № 6. – С. 44 – 50.

5 Игнатов Ю. М. Метод зонирования горного массива по фактору геологических условий / Ю. М. Игнатов, Г. Н. Роут, И. Л. Харитонов, М. Ю. Игнатов // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. – 2023. № 4. С. 3–13.

6. Научное сопровождение отработки запасов выемочного столба 50-03 шахта им. В.Д Ялевского // Отчёт по научно исследовательской работе. Кемерово. ИПЭБ. 2016. 159 с.

7 Игнатов, Ю. М. Опыт использования цифровой графической документации для решения инженерных задач с использованием геоинформационных технологий / Ю. М. Игнатов, .А. А. Гагарин, Г. Н. Роут, М. Ю. Игнатов // Вестник НЦ ВостНИИ. 2020. № 4. С. 56–67.

### Reference

1. Gagarin, A. A. Analysis of digital surveying plans for their subsequent inclusion in the geoinformation system / A.A. Gagarin, Y. M. Ignatov, G. N. Routh, M. M. Lataguz // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. - 2017. No. 1. – pp. 25-34.

2. Instructions for geological work on coal deposits of the Russian Federation, St. Petersburg, VNIMI, 1993. - 147с.

3. Ignatov, Yu.M. Analysis of the results of assessing the stability of the roof of the formation for improving the methodology of mining and geological forecasting of the excavation site / Yu. M. Ignatov, A. A. Gagarin, G. N. Routh // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety. - 2022. No. 2. – pp. 30-40.

4. Kalinin. S. I. Analysis of the influence of mining and geological conditions on the productivity of a treatment face for digital modeling of a mountain range / S. I. Kalinin, Yu. M. Ignatov, G. N. Routh, A. A. Gagarin // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. – 2019. No. 6. – pp. 44-50.

5 Ignatov Yu. M. Method of zoning of a mountain range according to the factor of geological conditions / Yu. M. Ignatov, G. N. Routh, I. L. Kharitonov, M. Yu. Ignatov // Bulletin of the Scientific Center of VostNII for industrial and environmental safety. – 2023. No. 4. pp. 3-13.

6. Scientific support of mining of the excavation column 50-03 mine named after V.D. Yalovsky // Report on scientific research work. Kemerovo. IPEB. 2016. 159 p.

7 Ignatov, Yu. M. The experience of using digital graphic documentation to solve engineering problems using geoinformation technologies / Yu. M. Ignatov, .А. А. Gagarin, G. N. Routh, M. Yu. Ignatov // Bulletin of the National Research Center VostNII. 2020. No. 4. pp. 56-67.