УДК 622.831:004

Игнатов Ю.М., доцент
Роут Г. Н., доцент
Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева

Ignatov Yuri M, associate Professor
Rout Gennady N., associate Professor
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

EXPERIENCE IN USING GEOINFORMATION MODELING TO ASSESS AND PREDICT MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS

В приказе Ростехнадзора от 07.12.2017 N 532 об утверждении Руководства по безопасности "Состав документации по ведению горных работ в угольных шахтах", содержится перечень документации при отработке угольных пластов подземным способом. В четвертом разделе данной нормативной документации по выемке угля, креплению и управлению кровлей указано, что текстовая часть документации должна содержать: прогнозные данные горно-геологических условий выемочного участка; расчет шага обрушения основной кровли др. Графическая часть должна содержать выкопировку из плана горных работ с нанесенными на нее горно-геологическими условиями отработки выемочного участка. Необходимо создавать эту группу документов и в бумажном виде, как требующих утверждений и согласований с руководством горного предприятия (паспорт выемочной единицы, и т.д.), где своей подписью соответствующие должностные лица подтверждают их содержание, и которые в результате является юридическими документами.

По данным Ютяева Е.П., простои в очистных забоях из-за аварий по горно-геологическим причинам составляют 45 процентов от их общей длительности, а по энергомеханическим причинам – 31 процент. Поэтому в паспорте выемочной единицы должны предусматриваться профилактические работы по управлению состоянием массива, исключающие формирование вывалов в лавах и на сопряжениях.

В данной статье приведены результаты непосредственных замеров местоположения и параметров куполов, выявлены причины, механизмы и закономерности их образования с целью последующего использования этих знаний для прогнозирования подобных явлений и разработки способов защиты от них.

При проектировании и планировании на шахтах используется значительный объем информации, в том числе и прогнозной, о строении и свойствах горного массива. При определении геомеханических характеристик горных пород важным этапом является картирование получаемых пространственных данных, так или иначе связанных с разведочными работами. Не менее важна систематизация всех

горно-геологических и горно-технологических данных и сохранение их в специализированных картографических базах данных.

Проблема совершенствования методов прогноза строения и свойств толщи пород и перевод этих методов в компьютерный вариант с помощью пакетов программ является актуальной. Одним, из наиболее перспективных направлений решения данной проблемы, является создание методики прогнозирования с использованием, геоинформационных систем (ГИС), в которой базовым методом является геоинформационное моделирование (ГИМ).

Таким образом, ГИМ в технологическом аспекте, рассматривается как метод использования ГИС для создания виртуальной реальности и дает возможность интегрировать в единую информационную среду алгоритмы решения многих прикладных задач, выполнять перенос вновь полученных информационных ресурсов, новых знаний на оригинал. ГИМ позоляет производить моделирование с использованием цифровых моделей, пространственное моделирование, картографическое моделирование и др.

Для использования ГИМ на горных предприятиях необходимо иметь базу цифровых картографических и атрибутивных данных. Цифровые картографические данные представленные в виде цифрового плана горных выработок уже созданы. На всех шахтах выполнен переход к цифровым моделям объектов и создана цифровая горная графическая документация с требованиями Межгосударственного стандарта [1]. Теперь, для построения ГИМ**,** необходимо цифровую графическую документацию дополнить базами данных с цифровым описанием геополей и включить их в выбранную ГИС.

Нами разработана и опубликована методика компьютерного моделирования пластовых месторождений с привлечением ГИМ [2]. Ее использование позволяет произвести обработку данных, пакетами программ ГИС, и перенести результаты на цифровые маркшейдерские планы.

В данной статье описан опыт применения указанной методики для прогнозирования поведения кровли пласта 66 шахты «Талдинская – Западная -1». Сделан анализ точности прогнозов, выполненный технической службой шахты, и наших прогнозов, опубликованных в статье [3], приведены фактические результаты работы очистных забоев.

Выбранная технологическая схема, ее параметры и комплексная механизация для ведения очистных работ по пласту 66 нами описана в статье [4], и была применена на отрабатываемом участке шахтного поля в лавах 66-05, 66-06, 66-07 и 66-08 см. рис.№1.

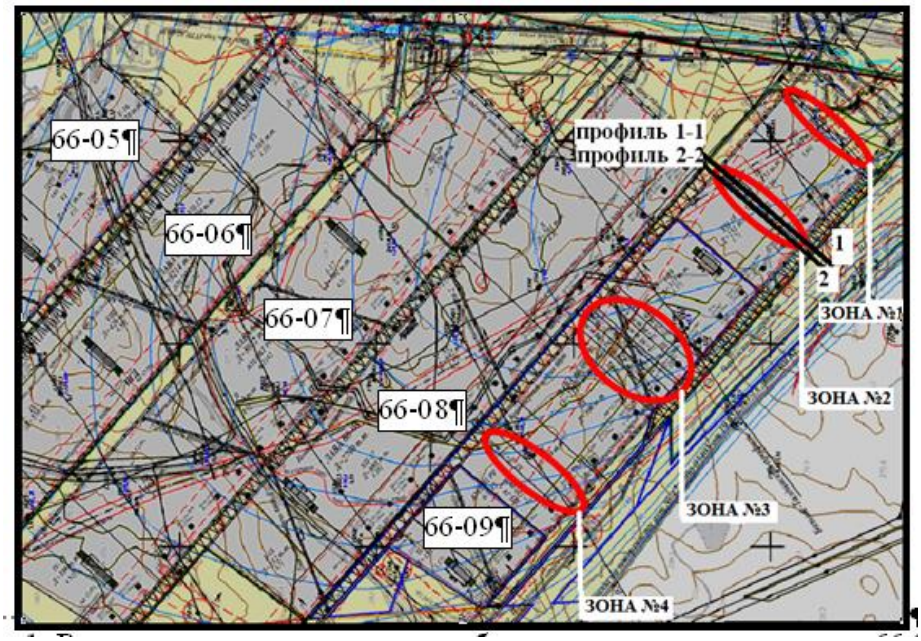

Рис.1. Выкопировка с плана горных работ с зонами простоев по лаве 66-09.

Выемочные столбы этих смежных лав были отработаны с хорошими показателями. Так производительность в лаве 66-05, составила 506 тыс. т/месяц, в лаве 66-06 –– 459 тыс. т/мес., в лаве 66-07 –– 605 тыс. т/мес., в лаве 66-08 –– 557тыс. т/мес. Скорость подвигания лав в сутки изменялась с 8,8м до 12,66м при длине лав 280м.

По методу аналогии [5], в связи с успешной работой в четырех смежных лавах, технической службой шахты был составлен прогноз горно-геологических условий, на отработку лавы 66-09 и паспорт, в котором, предусматривалась добыча из лавы в месяц –– 540 тыс.т., средняя суточная добыча 18000т.

Нами, на основе построенной ГИМ выемочного столба лавы 66-09, сделан прогноз, в котором указаны три зоны аномалий с системой радиальных и концентрических трещин мульд.

Результаты наблюдений за выполнением технологических операций в лаве 66-09 показали, что плановая работа в лаве, была сорвана в четырех аномальных зонах из-за большого количества частичных завалов породы из кровли. Фактически, при работе, в лаве 66-09 результаты оказались неудовлетворительными, они значительно ниже проектных показателей. Отработка лавы характеризуется высокой интенсивностью образования вывалов пород кровли с развитием куполов. По результатам горных работ получилось, что наш прогноз в двух аномальных зонах №1 и №3 подтвердился (см. рис №1), а третья зона не оказала значительного влияние на работу комплекса. В то же время появились новые две зоны аварийной работы №2 и №4, вероятное положение которых в нашей схеме прогноза указано правильно, но катастрофическое положение при работе в них нами не прогнозировалось.

Определены параметры вывалов пород кровли по зарисовкам, которые были выполнены геолого-маркшейдерской и технической службой шахты «Талдинская-

Западная-1» и результаты, представлены на рисунке №2. Зафиксированы купола в лаве по состоянию на 31.10.2018г и 07.11.2018г.

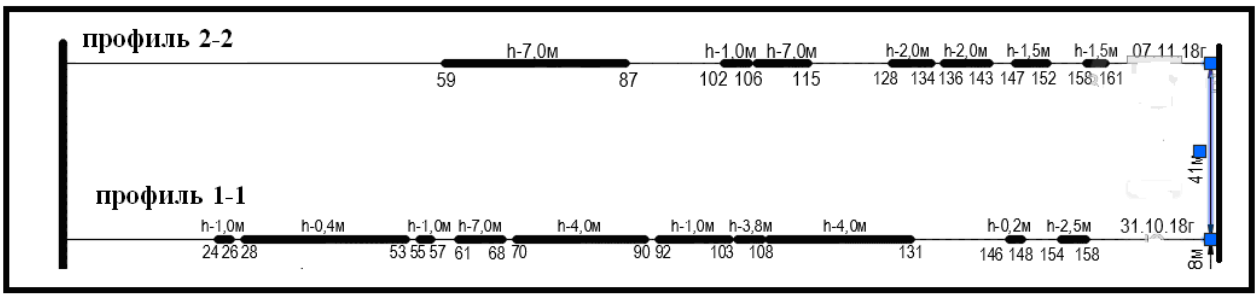

Рис.2. Результаты зафиксированных куполов в лаве 66-09 в зоне №2

На рисунке указаны места куполов, с привязкой к номерам секций крепи механизированного комплекса, и приведена высота куполов. Образование куполов происходило при выемке угля и креплении очистного забоя, как в направлении по падению (по длине лавы), так и по простиранию (по длине выемочного столба). Формирование куполов обрушения пород происходило по нормали слоистости пород и послойным трещинам;

Средняя высота купола, за период проведённых наблюдений, составила 1,6м, максимальная высота достигала 7м, минимальная - 0,2м. Средняя длина купола вдоль лавы составила 17,42м, максимальные значения достигали 70-90м. Вероятной причиной происходящих вывалов пород кровли и образования куполов является снижение прочностных свойств вмещающих пород под влиянием разных систем трещиноватости.

Таким образом, можно считать, что недостаточная точность нами созданной ГИМ, объясняется отсутствием матрицы модели трещиноватости. Модельные представления трещиноватости горного массива для описания его пространственной неоднородности для создания ГИМ должны учитывать ряд положений. Трещина является зоной ослабления, и поле напряжений в массиве с трещиной и без трещины отличается значительным образом, увеличение количества трещин в массиве приводит к его разупрочнению.

Трещина, как геометрический объект, характеризуется длиной и раскрытием, как геологический объект, характеризуется углом и азимутом падения. Трещины параллельны и поперечны к простиранию пласта (продольный и поперечный геометрические типы) наиболее часто активизируются при очистных работах в лавах.

В общей картине пространственного изменения поля трещиноватости отмечается определенная упорядоченность их развития и расположения. Наряду с повсеместно проявляющейся закономерной стабильностью системных трещин, важное прикладное значение имеют аномальные изменения интенсивности трещин, связанных со складчато-разрывной тектоникой. Количество систем и их ориентировка обусловлены тектонофизическими законами проявления разрывных и складчатых деформаций в различных геологических условиях. Соскладчатые

системы проявляются при приближении к замку складки. Локальное изменение степени трещиноватости в замковой части складок по ширине зоны и превышению уровня показателей обусловлено интенсивностью складчатой деформации. При этом образуются трещины скалывания, трещины отрыва, трещины сплющивания.

Для описания в ГИМ системных трещин, необходим угол и азимут падения, их длина, ширина и расстояния между соседними трещинами данной системы. Для системы хаотических трещин, дополнительно, необходим показатель блочности и трещинная пустотность. Такие характеристики трещин оцениваются путем наблюдений, либо расчетом их параметров по определенному методу.

Завалы очистных выработок происходят из-за несоответствия паспорта выемочного участка, составленного по прогнозным показателям, существующим на момент ведения горных работ горно-геологическим условиям. Для эффективной добычи необходимо своевременное выявление тектонически аномальных зон с помощью расчетных методов и внесение соответственных корректив в паспорта очистных работ. Поэтому повышение точности прогноза факторов, осложняющих условия ведения очистных работ, улучшит качество проектов.

Эффективная работа очистных забоев при неустойчивых породах кровли зависит от своевременного выполнения специальных мероприятий по предупреждению вывалообразований. К таким мероприятиям относятся упрочнение цементными растворами и синтетическими смолами. Упрочнение пород кровли осуществляется в лаве или на сопряжении лавы с выработкой. Оно может быть аварийным, когда вывалообразование произошло, и образовалась полость в кровле, и профилактическим в местах неустойчивых пород, требующих дополнительного упрочнения.

Таким образом, для повышения точности ГИМ, необходимо включить в нее модели трещиноватости: модель с установленными параметрами, для системных трещин и локальную модель сети соскладчатой системы трещин и указать метод расчета их параметров. Также, необходимо включить в нее знание особенностей деформирования и разрушения горных пород от дополнительной нагрузки при ведении горных работ. Необходимо использовать уравнения зависимости величин деформаций от напряжений, приведенных в моделях В.А. Магницкого (1953), Ржаницына (1968), Гзовского (1960) и др.

Выводы

1. Анализ точности результатов прогнозирования горно-геологических условий, выполненный технической службой шахты, и нашего прогноза показал, что создание и использование ГИМ, при совершенствовании информационного ресурса проекта угледобычи для снижения рисков принятия решений, перспективно.

2. Одним из факторов, которые обуславливают проектные риски угледобычи это возможные обрушение пород кровли с образованием куполов. При этом за счет повышенного горного давления происходит отжим угля от забоя лавы, кровля обнажается с опережением забоя до 3,0 метров.

3. При компьютерном моделировании, для геомеханического обеспечения технологии интенсивной подземной отработки угольных пластов, необходимо знание места расположения аномальных по горно-геологическим условиям зон для оценки их влияния на эффективность работы очистных забоев.

4. Для повышения точность созданной ГИМ, в нее необходимо включить матрицы модели трещиноватости и использовать уравнения зависимости величин деформаций от напряжений, чтобы определить необходимость проектирования мероприятий по управлению кровлей и уменьшить проектные риски угледобычи.

Список литературы

1. Межгосударственный стандарт. Горная графическая документация. Изображение элементов горных объектов. – Введ. 01.01.1980. – переизд. 01.06.2002. – М.: ВНИИНМАШ, 1980. – 15 с.

2. Анализ маркшейдерских цифровых планов для последующего включения их в геоинформационную систему // Гагарин А.А., Игнатов Ю.М.,. Роут Г.Н, Латагуз М.М.. // Вестник Кузбасского государственного технического университета, 2017. № 1. – с. 165-169.

3. Метод прогноза горно-геологических условий на основе анализа результатов компьютерного эксперимента с цифровой моделью массива горных пород. // Игнатов Ю.М., Гагарин А.А., Роут Г.Н. // Вестник научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности, 2019. №4. – с. 89–99.

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

5. Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации. – СПб, 1993. – 147 с.

Reference

1. Interstate standard. Mining graphic documentation. Image of elements of mountain objects. – Introduction. 01.01.1980. – reprint. 01.06.2002. – Moscow: VNIINMASH. – 1980. – 15 p.

2. Analysis of digital surveying plans for their subsequent inclusion in the geoinformation system // Gagarin A.A., Ignatov Yu.M.,. Routh G.N., Lataguz M.M.. // Bulletin of the Kuzbass State Technical University, 2017. No. 1. – pp. 165-169.

3. A method for predicting mining and geological conditions based on the analysis of the results of a computer experiment with a digital model of a rock mass. // Ignatov Yu.M., Gagarin A.A., Routh G.N. // Bulletin of the Scientific Center of VostNII on industrial and environmental safety, 2019. No. 4. – pp. 89-99.

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

5. Instructions for geological work on coal deposits of the Russian Federation. — St. Petersburg, 1993. – 147 p.