

DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.12.4.009

УДК 622.1:744:004.92

© Ю.М. Игнатов, А.А. Гагарин, Г.Н. Роут, 2019

### Ю.М. ИГНАТОВ

канд. техн. наук, доцент  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: mnoc@mail.ru



### А.А. ГАГАРИН

главный маркшейдер  
АО «СУЭК-Кузбасс», г. Ленинск-Кузнецкий  
e-mail: gagarinaa@suek.ru



### Г.Н. РОУТ

канд. техн. наук, доцент  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: rgn23.12.47@gmail.com



## МЕТОД ПРОГНОЗА ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА С ЦИФРОВОЙ МОДЕЛЮ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

*В статье приводятся результаты работ по созданию методики компьютерного моделирования пластовых месторождений. Цель компьютерного моделирования — разработка методов информационного обеспечения принятия проектных решений на основе применения геоинформационных технологий.*

*Приведены основные используемые понятия, структура компьютерного моделирования и метод прогноза горно-геологических условий, основанный на анализе результатов компьютерного эксперимента с моделью массива горных пород. Метод позволяет производить поиск закономерностей в волновой структуре полей геообъектов и использовать установленные зависимости для повышения точности построения границ опасных зон. Представлены результаты применения метода прогноза горно-геологических условий выемочного столба 66-09 Шахты «Талдинская-Западная-1».*

**Ключевые слова:** МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАН, ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ГОРНОГО МАССИВА, ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ.

## Введение

На угольных месторождениях выполняются работы по изучению состава, строения, физических и механических свойств вмещающих пород, прогнозированию горно-геологических условий ведения горных работ и др. [1]. Результаты указанных работ отображаются в первичной и сводной документации и используются для принятия проектных решений [2]. В ряде случаев появление производственных аварий связано с недостаточным уровнем научных знаний о составе, геомеханических характеристиках и поведении компонентов горно-геологической среды, приводящих к погрешностям в принятии проектных решений.

Интенсивное внедрение новых информационных технологий в горнодобывающей промышленности является актуальным направлением совершенствования базы знаний о горном массиве, которое обеспечит повышение уровня проектных решений [3]. Важна конструктивность приобретаемых новых знаний с использованием информационных технологий, умение их структурировать в соответствии с поставленной целью и достигнутым пониманием явления, полученным на основе опыта работ. Получение новых знаний базируется на строгой методологии системного подхода, в рамках которого особое место занимает модельный подход. Теоретические основы и принципы моделирования при решении задач разрабатываются учеными и практиками горной отрасли в течение многих лет. Возможности модельного подхода крайне многообразны как по используемым формальным моделям, так и по способам реализации методов моделирования. В разрабатываемой методике компьютерного моделирования исходная информация формализуется с учетом существующих требований к точности горной графической документации и собирается в базах горно-геологических данных, входящих в состав геоинформационной системы. Это способствует максимальному использованию уже созданных самых современных методов и программных средств обработки и

анализа, пространственных горно-геологических данных. За счет этого повышается уровень логической проработки и упорядоченности горно-геологических знаний, что также повышает эффективность проекта.

Научная новизна и значимость создаваемого проекта по прогнозированию строения горного массива с помощью компьютерного моделирования заключаются в том, что с использованием пакетов программ геоинформационных технологий разрабатываются методы получения принципиально новых знаний, которые существенно уменьшают неопределенность информации о составе, структуре и динамике массивов горных пород пластовых месторождений.

При внедрении методов компьютерного моделирования пластовых месторождений появятся возможности для решения следующих задач:

- обосновать набор базовых представлений и найти принципиально новые подходы к научной оценке горно-геологических данных;
- выполнить научную систематизацию горно-геологических показателей для комплексного прогноза горно-геологических условий и явлений;
- открыть принципиально новые научные факты и закономерности.

В данной статье приведены отдельные положения разрабатываемой методики компьютерного моделирования пластовых месторождений для прогноза горно-геологических условий, которые могут стать основой для разработки и отладки методов получения наиболее актуальных пространственных горно-геологических данных, используемых для решения многих задач горного производства.

## Основные понятия, используемые в разрабатываемой методике компьютерного моделирования

*Модель* — это некоторый материальный или идеальный (мысленно представляемый) объект, замещающий объект-оригинал, но сохраняющий его характеристики, важные для данной задачи. Модель более доступна для

исследования, чем реальный объект, и поэтому ценный и бесспорный помощник инженеров и ученых.

*Математическая модель* — это условный образ объекта в виде совокупности уравнений, неравенств, логических соотношений, созданный для исследования объекта, получения новых знаний, анализа и оценки принимаемых решений в конкретных ситуациях. Соответственно, и исследование таких моделей ведется с использованием математических методов.

*Информационная модель* — набор величин, содержащий необходимую информацию об объекте, процессе, явлении и выполняющий описание объекта-оригинала с помощью схем, графиков, формул, чертежей и т. п.

*Компьютерная модель* (англ. computer model) — совокупность программ, позволяющая с помощью последовательности вычислений и графического отображения результатов воспроизводить процессы функционирования системы объектов при условии воздействия на объект случайных факторов. Компьютерная модель — это модель реального процесса или явления, реализованная компьютерными средствами, используется для получения новых знаний о моделируемом объекте и для приближенной оценки поведения систем объектов. Компьютерные модели проще и удобнее исследовать в силу их возможности проводить вычислительные эксперименты в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены из-за физических препятствий.

*Моделирование* — это процесс изучения строения и свойств оригинала с помощью модели. Технология моделирования требует от исследователя умения корректно ставить проблемы и задачи, проводить разумные оценки, выделять главные и второстепенные факторы для построения моделей, выбирать аналогии и математические формулировки и прогнозировать результаты исследования.

*Компьютерное моделирование* — это метод решения задачи анализа или синтеза сложной системы на основе использования ее компьютерной модели. В настоящее время

является одним из основных инструментов познания в научных и практических исследованиях. Понятие «компьютерное моделирование» связано с системным анализом — направлением кибернетики, получившим свое развитие в начале 50-х годов. Суть компьютерного моделирования заключена в получении количественных и качественных результатов по имеющейся модели. Качественные выводы, получаемые по результатам анализа, позволяют обнаружить неизвестные ранее свойства сложной системы: ее структуру, динамику развития, устойчивость, целостность и др. Количественные выводы носят характер прогноза некоторых будущих или объяснения прошлых значений переменных, характеризующих систему. Различные сферы применения компьютерных моделей предъявляют разные требования к надежности получаемых с их помощью результатов.

Компьютерное моделирование начинается с объекта изучения, в качестве которого могут выступать: явления, процесс, задачи. После определения объекта изучения строится модель. При этом выделяют основные, доминирующие факторы, отбрасывая второстепенные. Строят алгоритм, программу. Затем проводят компьютерный эксперимент и анализ полученных результатов моделирования при вариации модельных параметров. В методе компьютерного моделирования присутствуют все элементы обучения и познания: конструирование, описание, экспериментирование и т. д. В результате приобретаются знания об исследуемом объекте-оригинале.

*Главная ценность компьютерного моделирования* для горного дела заключается в том, что по построенной информационной модели объекта с использованием компьютерных программ проводится анализ результатов компьютерных экспериментов. Сначала ставится задача и производится сбор необходимых для этого исходных данных. Затем выбираются существенные связи комплексного показателя (например, эффективной работы высокопроизводительных комплексов) с характеристиками горно-геологических условий. Производится преобразование

информационной модели в компьютерную с использованием готовых приложений и программных пакетов. Модель совершенствуется и затем используется для произведения компьютерных экспериментов с целью реализации положения «что будет, если...».

### Компьютерное моделирование на шахтах Кузнецкого угольного бассейна

Сегодня цифровые маркшейдерские планы (ЦМП) созданы на всех горнодобывающих предприятиях Кузнецкого угольного бассейна путем сканирования планов горных выработок, последующей векторизации и пополнения по результатам маркшейдерской съемки с использованием систем автоматизированного проектирования (AutoCAD, MicroStation) [3]. Источниками для создания ЦМП служат планы горных выработок на планшетах, цифровые топографические карты, текстовые материалы, таблицы, схемы, данные рабочих журналов. Объекты представлены в образной форме (например, чертежи и аэрофотоснимки) или знаковой форме (например, в виде таблиц, формул, компьютерных программ и т. п.). Объекты, изображаемые в ЦМП, — сложны по составу, структуре, способам представления, отображаются на плане с помощью условных знаков, которые соотносятся с конкретными объектами через значение классификационного кода. ЦМП пополняются и используются для решения задач геолого-маркшейдерскими службами горного предприятия. Наиболее важные из них — это своевременное нанесение на ЦМП границ опасных зон и отражение горно-геологических условий, на основании которых разрабатываются документы — проекты и паспорта.

В ЦМП цифровой картографический материал имеет математическую основу, которая позволяет использовать среды разработки приложений, способствующих автоматизированному решению задач [4]. План горных выработок дает представление о прошлой деятельности горного предприятия, а необхо-

димы прогнозы и динамика развития горных работ с учетом систематизированного структурированного описания реальных полей геомеханических свойств горного массива, построенных на основе определенного набора практических измерений реальных объектов.

Поэтому компьютерное моделирование — важный и логичный этап перехода к цифровым технологиям для расширения перечня задач, имеющих автоматизированное решение с использованием современных ГИС-технологий. Можно выделить 4 этапа работ при компьютерном моделировании.

**Этап 1.** Постановка задачи: определяется цель, на основе системного анализа выделяются существенные признаки, производится сбор и анализ исходных данных, создается информационная модель.

**Этап 2.** Создается формализованная логическая модель явления и составляющих его объектов. В такой модели связываются переменные с реальными целями задачи с помощью формул, уравнений, неравенств и пр.

**Этап 3.** Преобразование информационной и логической моделей в компьютерную с использованием готовых приложений и программных пакетов.

**Этап 4.** Модель совершенствуется и используется для произведения компьютерных экспериментов для реализации положения «что будет, если...».

### Результаты применения компьютерной модели массива для прогнозирования

В данной статье приведены результаты компьютерного моделирования для шахты «Талдинская – Западная 1», пласт 66, лава 66-09.

**Этап 1.** Постановка задачи. Определение цели. Создание информационной модели.

**Задача:** прогнозирование горно-геологических условий в пределах лавы 66-09 для обоснования параметров эффективной и безопасной комплексно-механизированной выемки угля.

**Цель:** оценить главные факторы горно-геологических условий, контролирующие

комплексный показатель (управляемость кровли), и найти на плане аномальные зоны по этим факторам, которые осложняют добычу угля.

Для оценки и прогнозирования влияния вмещающих пород на технологический процесс добычи угля электронный план горных выработок в программе AutoCAD конвертирован в цифровой план в программы ГИС [4] и связан с базой геоданных (БД) цифровым описанием массива горных пород. БД создана на основе использования послоевого принципа и специализированного иерархического классификатора объектов горной документации, обеспечивает хранение, централизованное управление, интерактивное взаимодействие пользователя с информацией, поиск, получение информации по запросам.

Цифровое описание горно-геологических условий, влияющих на работоспособность очистных забоев, создано по исходным данным разведочного бурения, представленным в формате Excel, Access и текстовом формате. Данные сопровождаются наименованиями столбцов, их расшифровкой, типом данных полей. К ним относятся: мощность пласта, мощность непосредственной кровли, гипсометрия пласта и др.

Произведен анализ исходных данных со статистическими вычислениями и оценкой параметров вариограмм. Расчёт вариограммы делается для оценки весовых коэффициентов кригинга и анализа анизотропии. Построены графики вариограмм в основных направлениях изменчивости, а также установлены параметры построения выборочных вариограмм: шаг осреднения, угол сглаживания, коридор сглаживания. Важнейшими параметрами вариограмм являются наклон линии в начале, зона влияния, порог и анизотропия.

Для определения главного направления пространственной изменчивости (направление, вдоль которого сумма значений пространственной изменчивости максимальна) построены карты вариограмм как в двумерной плоскости, так и в трехмерном пространстве. Определение главных осей пространственной изменчивости выполняется путем

предварительных расчетов вариограмм по предполагаемым направлениям. Основной задачей карты вариограмм является определение направлений главных осей и коэффициентов анизотропии для этого массива данных [8].

**Этап 2.** Создание формализованной логической модели явления и составляющих его объектов.

Связываются исходные данные с показателем управляемости кровли с помощью формул, уравнений, неравенств и пр. Показатель управляемости кровли определяется сочетанием типов боковых пород по устойчивости, обрушаемости и нагрузочным свойствам [1].

*Устойчивость кровли* характеризуется размерами и продолжительностью устойчивого состояния обнажений кровли на незакрепленном участке.

*Обрушаемость* кровли количественно характеризуется шагом обрушения, размером блоков, на какие слои разрушаются, мощностью толщи обрушающихся слоев.

*Нагрузочные свойства кровли* характеризуются величиной внешней активной нагрузки, которая должна быть уравновешена крепями для предотвращения их зажатия.

### Оценка устойчивости непосредственной кровли столба 66-09

По данным технической службы шахты непосредственная кровля столба 66-09 сложена из пород с сопротивлением сжатию от 7 МПа до 74,8 МПа, а мощность кровли меняется от 2 м до 17 м. Оценка устойчивости пород непосредственной кровли производится по утвержденному методу [1]. Устойчивость пород непосредственной кровли пласта 66 делится по площади на участки от средней устойчивости (2 класс) до неустойчивой (3 класс).

Определение на плане границ зон, в которых прогнозируются аномалии по устойчивости кровли, произведено с учётом коэффициента литотипности и коэффициента склонности пород кровли к вывалам. Лито-

логический код горной породы определен по данным разведки [9]; является показателем, учитывающим влияние естественной трещиноватости пород кровли, слоистости пород и ползучести пород. Технической службой шахты для пород кровли столба 66-09 среднее значение коэффициента литотипности установлено 0,40, тогда коэффициент трещиноватости равен 0,68, коэффициент слоистости — 0,77, коэффициент ползучести — 0,7. Оценка влияния на устойчивость пород непосредственной кровли в зоне аномалии пликтивных нарушений произведена с использованием коэффициента структурного ослабления углепородного массива. Для радиуса перегиба пород менее 300 м принимается коэффициент структурного ослабления равный 0,6 [10]. С учётом коэффициента структурного ослабления пород в замковой части сопротивление пород непосредственной кровли пласта 66 на сжатие составит 4,2–44,9 МПа. Видно, что в аномальной зоне непосредственная кровля пласта переходит в класс неустойчивых пород.

При отработке угольных пластов механизированными комплексами оценка склонности пород кровли к вывалам производится по рекомендациям, изложенным в [1]. Склонность пород непосредственной кровли к вывалам составила 95 %, что значительно больше порогового — 10 %. Расчеты показали, в зоне пликтивных нарушений, определяемых в цифровой модели массива совокупностью ячеек из генерированных матриц, прогнозируются вывалы пород. Активная кровля пласта 66 по нагрузочным свойствам оценивается как «тяжёлая».

**Этап 3.** Преобразование информационной и логической моделей в компьютерную с использованием программных пакетов.

Для компьютерного моделирования управляемости кровли столба 66-09 производилось создание БД полей геологических, геометрических и геомеханических характеристик по материалам геологической разведки и горных работ в программах ГИС-технологии (Mineframe, MicroMine, Surpac, MapInfo). Рассматривая конкретную реализацию некото-

рого природного фактора как случайное поле, задача построения приближающей функции представляется в виде:

$$\tilde{\varphi}(\bar{z}) = \sum_{i=1}^N \varphi(\bar{z}_i) Q(\bar{z}, \bar{z}_i), \bar{z} = z(x, y),$$

где  $\varphi(\bar{z}_i)$  — измерение значения поля;  $Q(\bar{z}, \bar{z}_i)$  — весовая функция. В спектральной теории случайных полей такое представление является линейной фильтрацией, с помощью которой можно выделять из случайного поля полосу региональных изменений (тренд) или высокочастотные составляющие, связанные с локальными изменениями исследуемого поля.

Цифровая модель горного массива представляет собой совокупность ячеек из генерированных матриц поверхностей по отдельным показателям. Для построения цифровых полей установлены размеры элементарной ячейки и поискового эллипсоида и их ориентировки и использованы методы интерполяции, встроенные в ГИС-программы. Созданы цифровые матрицы с использованием пяти методов интерполяции (взвешивание на расстоянии, линейной, по усредненной поверхности, полиномы, Кригинг).

Взвешивание на расстоянии.

$$\alpha = \frac{\sum_i^n \frac{1}{R^p} \alpha_i}{\sum_i^n \frac{1}{R^p}},$$

где  $R$  — расстояние от замера до оцениваемой точки;  $\alpha$  — значение параметра в точке замера  $\alpha_i$ ;  $p$  — показатель степени принят равным 2.

Весовые коэффициенты рассчитываются таким образом, что их сумма равна единице. Таким образом, влияние отдельных замеров относительное, т. е. результат зависит от их взаимного расположения. Еще четыре используемых метода создания цифровых матриц приведены в [4].

**Этап 4.** Модель используется для проведения компьютерных экспериментов для реализации положения «что будет, если...».

При создании прогнозных планов зада-

чей является поиск и нанесение на цифровые планы границ аномальных зон, где значения показателей значительно отличаются от усредненных. Основные опасности массива горных пород проявляются на отдельных участках пласта. Согласно Зыкову В.С. [5], геотехнологические процессы при ведении горных работ накладываются на геодинамические процессы в недрах и при соответствующем их сочетании приводят к проявлению опасных явлений.

Для поиска аномальных зон по устойчивости непосредственной кровли построена цифровая модель массива горных пород и выполнены работы по обработке геолого-маркшейдерских материалов по данным горных работ (200 точек) по пласту и выполнены компьютерные эксперименты.

Пространственный анализ результатов компьютерных экспериментов произведен на

основе таблиц выборки с присоединенными графическими объектами с помощью цифровой фильтрации, произведен поиск на планах аномальных зон. Цифровой фильтр сформирован по удалению волн определенной длины для каждого из анализируемых показателей.

При анализе столба 66-09 выделены 3 зоны. Указанные участки являются аномальными зонами деформирования массива. В этих зонах резко изменяется устойчивость непосредственной кровли угольного пласта, так как будет повышенная трещиноватость. После вычисления градиента в каждом блоке модели на плане он изображен в виде вектора в каждой ячейке матрицы, проведены изолинии величины градиента. План с прогнозируемыми зонами аномалий по методу градиента по пласту 66 представлен на рис. 1

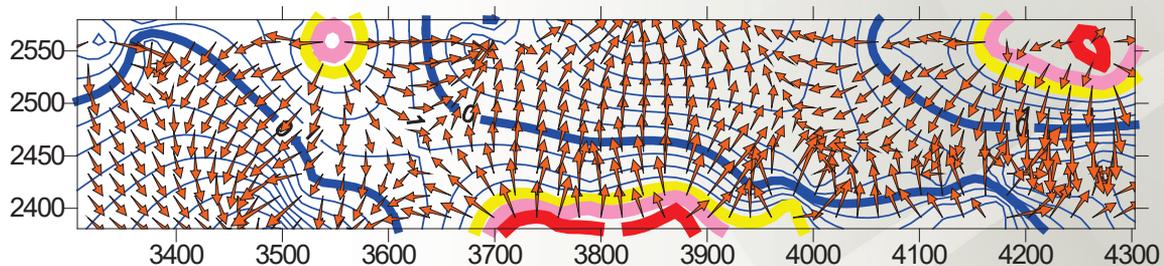


Рис. 1. Модель поверхности кровли пласта с прогнозируемыми зонами аномалий

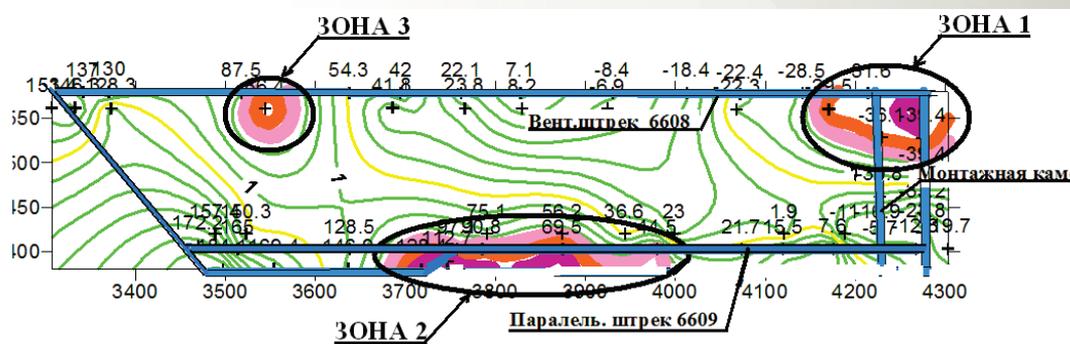


Рис. 2. Выкопировка с плана горных работ с прогнозируемыми зонами аномалий

Построена модель деформаций пласта по результатам цифровой фильтрации методом томографии для выявления аномальных зон (см. рис. 2). Аномальные зоны получены как площадь пласта с ячейками, которые выбраны при цифровой фильтрации и в окне карты показываются красным цветом «как выбранные».

Вычисление интегральных характеристик поверхностей позволило выявить закономерности совместного изменения гипсометрии, трещиноватости и устойчивости кровли пласта 66 и аномальные зоны (ЗОНА 1, ЗОНА 2, ЗОНА 3). Полученные зоны перенесены на цифровой маркшейдерский план (рис. 3, 4).

Указанные участки являются зонами повышенной трещиноватости массива и включают в себя площади пласта соединения между

зонами, в них прогнозируются процессы локальных вывалов с их развитием в купола.

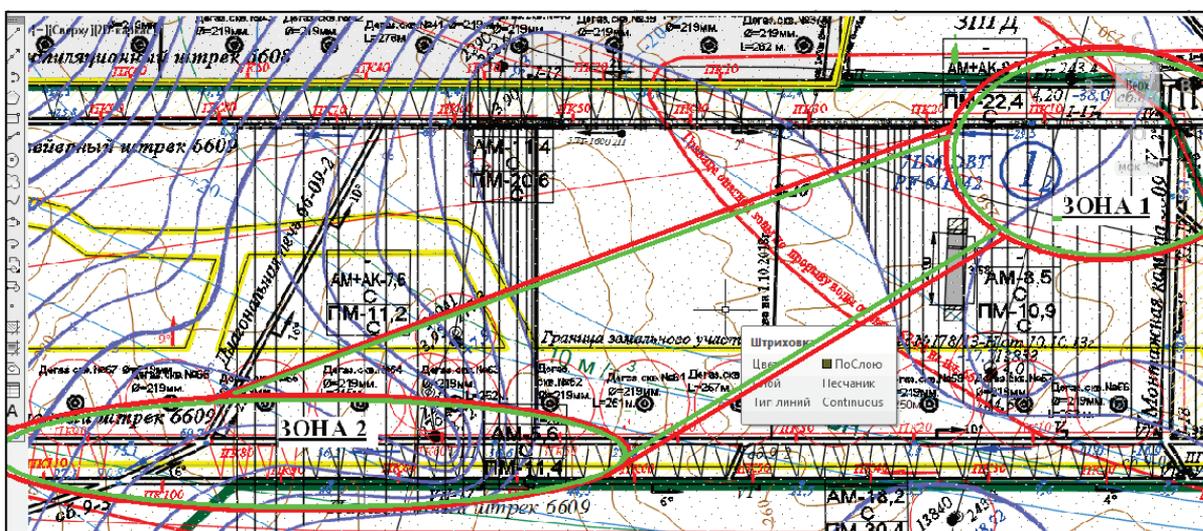


Рис. 3. Выкопировка с плана горных работ с зонами аномалии № 1 и № 2

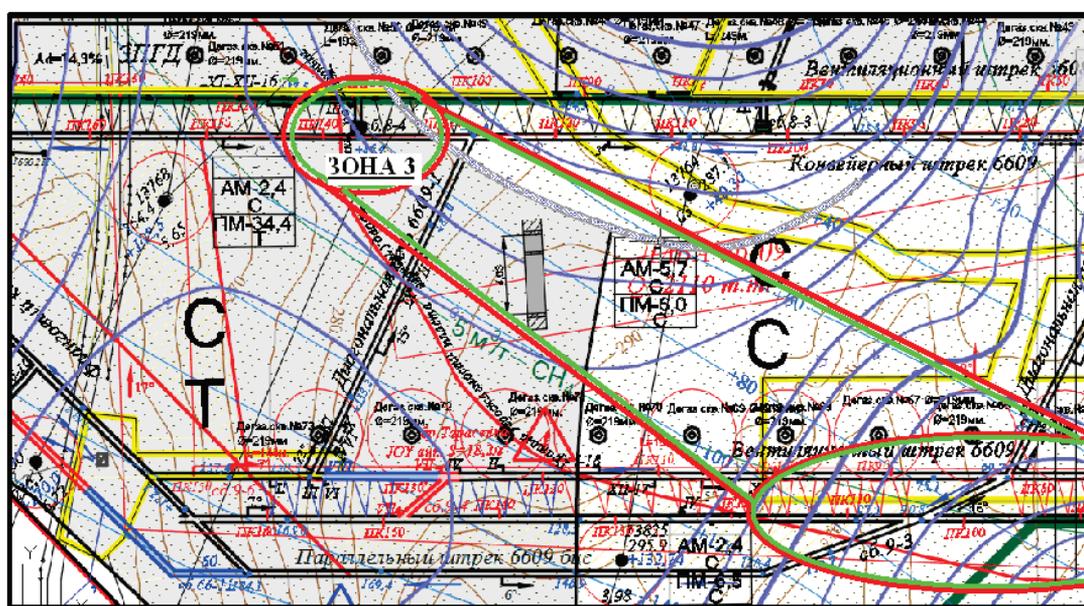


Рис. 4. Выкопировка с плана горных работ с зонами № 2 и № 3

Согласно созданному нами прогнозному плану главным фактором горно-геологических условий, делающим невозможной эффективную и безопасную комплексно-механизированную выемку угля столба 66-09 является управляемость кровли. Горные работы в столбе 66-09 встретят указанные участки повышенной трещиноватости массива, в них прогнозируются процессы локальных вывалов с их развитием в купола. На указанных на плане аномальных участках необходимо

проведение работ по упрочнению активной кровли.

### Сравнение результатов моделирования с данными горных работ в лаве

Отработка пласта производится системой ДСО, применяется механизированный комплекс ДВТ с крепью поддерживающе-оградительного типа. По паспорту на отработ-

ку лавы 66-09 предусматривается добыча из лавы в месяц 540 тыс. т. Фактические показатели отработки пласта в лаве 66-09 по состоянию на 07.11.2018 являются неудовлетворительными, они значительно ниже проектных показателей. В отдельные короткие промежутки времени добыча угля в лаве достигала 280 тыс. т. В сентябре 2018 г. добыча за месяц составила 151,050 тыс. т.

При работе лавы в зоне № 1 были серьезные проблемы с устойчивостью кровли, происходили вывалы и обрушения горных пород. Первоначально развитие куполов происходило на участке лавы, примыкающем к конвейерному штреку. Отработка лавы характеризуется высокой интенсивностью образования вывалов пород кровли с развитием куполов, в основном наблюдаются процессы локальных вывалов с их развитием в купола. Образование вывалов и куполов происходит в зонах отработки пласта как по длине лавы, так и по длине выемочного столба. Основной причиной происходящих вывалов пород кровли и образования куполов является снижение прочностных свойств вмещающих пород. Образование куполов происходит при выемке угля и креплении очистного забоя. Высота куполов изменялась в очень широком диапазоне — от 0,02 м до 7 м. Длина куполов по длине лавы наблюдалась в пределах от 3 м до 90 м.

Снижение устойчивости пород пласта резко ухудшило процесс взаимодействия крепи механизированного комплекса с вмещающими породами. Геомеханическая ситуация в лаве характеризуется значительными вывалами пород, образованием длинных и высоких куполов в лаве, отжимом угля от забоя. Ос-

новные простои лавы связаны с устранением последствий обрушения пород и взаимодействия крепи с вмещающими породами, приведением лавы в рабочее состояние.

В результате исследования усовершенствован метод прогноза горно-геологических условий массива горных пород с применением геоинформационных технологий, который позволяет проверить правильность исходных данных при проектировании горных работ и повысить промышленную безопасность на объектах угольной промышленности.

## Вывод

В результате выполненных работ получены следующие результаты:

1. Опробована методика компьютерного моделирования пластовых месторождений для прогноза горно-геологических условий, которая базируется на положении, что картографической основой моделирования являются маркшейдерские планы, а формой визуализации площадных геологических объектов — совокупность ячеек из генерированных матриц.
2. Применен метод прогнозирования горно-геологических условий с привлечением ГИС, который позволил произвести вычисление интегральных показателей, создать прогнозный план горно-геологических условий и произвести поиск опасных зон.
3. Произведено сравнение результатов прогноза с материалами, полученными при ведении горных работ. Проверка показала, что при попадании горных работ в прогнозируемые аномальные зоны произошли вывалы и обрушения горных пород.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации. СПб., 1993. 147 с.
2. РД 07-408-01. Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
3. Игнатов Ю.М., Гагарин А.А., Роут Г.Н., Латагуз М.М. Применение компьютерного моделирования месторождения для снижения травматизма на шахтах // Вестник научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2018. № 1. С. 72–79.
4. Гагарин А.А., Игнатов Ю.М., Роут Г.Н., Латагуз М.М. Цифровое описание горно-геологических условий для анализа, прогнозирования и визуализации результатов на маркшей-

дерских цифровых планах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. № 1. С. 84–92.

5. Зыков В.С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах. Кемерово: ООО «Фирма ПОЛИГРАФ», 2010. 334 с.

6. Гагарин А.А., Игнатов Ю.М., Рут Г.Н., Латагуз М.М. Анализ маркшейдерских цифровых планов для последующего включения их в геоинформационную систему // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 1. С. 45–52.

7. Лукичѳв С.В., Наговицын О.В., Морозова А.В. Моделирование рудных и пластовых месторождений в системе Mineframe // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2004. № 5. С. 296–301.

8. Batugin A., Myaskov A., Ignatov Y., Khotchenkov E., Krasnoshtanov D. Re-using of data on rockbursts for up-to-date research of the geodynamic safety problem // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 221. doi:10.1088/1755 1315/221/1/012089.

9. Гелескул М.Н., Каретников В.Н. Справочник по креплению капитальных и подготовительных горных выработок. М.: Недра, 1982. 479 с.

10. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Ленинград: ВНИМИ, 1986. 222 с.

---

**DOI: 10.25558/VOSTNII.2019.12.4.009**

**UDC 622.1:744:004.92**

**© YU.M. Ignatov, A.A. Gagarin, G.N. Rout, 2019**

**YU.M. IGNATOV**

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo  
e-mail: mnoc@mail.ru

**A.A. GAGARIN**

Chief surveyor  
SUEK, Leninsk-Kuznetsk  
e-mail: gagarinaa@suek.ru

**G.N. ROUT**

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo  
e-mail: rgn23.12.47@gmail.com

## **METHOD OF PREDICTION OF MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS BASED ON THE ANALYSIS OF THE RESULTS OF A COMPUTER EXPERIMENT WITH A DIGITAL MODEL OF THE ROCK MASS**

*The article presents the results of work on the creation of computer modeling method of reservoir deposits. The purpose of computer modeling is to develop methods of information support for project decision-making based on the use of geoinformation technologies.*

*The basic concepts used the structure of computer modeling and the method of prediction of mining and geological conditions based on the analysis of the results of a computer experiment with a model of a rock mass are presented. The method makes it possible to search for regularities in the wave structure of*

*fields of geobjects and use the established dependencies to improve the accuracy of the construction of the boundaries of dangerous zones. The results of application of the forecast method of mining and geological conditions of the excavation column 66-09 of the Taldinskaya-Zapadnaya-1 mine are presented.*

Keywords: SURVEYING THE DIGITAL PLAN, THE FRACTURING OF THE MASSIF, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, COMPUTER FORECASTING.

#### REFERENCES

1. Instruction on geological works at coal deposits of the Russian Federation. SPb., 1993. 147 p. (In Russ.).
2. RD 07-408-01. Statute Concerning Geological and Surveying Support for Industrial Safety and the Protection of Subsurface Resources. Available at: «Tekhekspert» system. (In Russ.).
3. Ignatov Yu.M., Gagarin A.A., Routh G.N., Lalagos M.M. Application of computer simulation field to reduce injuries in the mines // Bulletin of the research center VostNII industrial and environmental safety [Vestnik nauchnogo tsentra VostNII po promyshlennoy i ekologicheskoy bezopasnosti]. 2018. No. 1. P. 72–79. (In Russ.).
4. Gagarin A.A., Ignatov Yu.M., Routh G.N., Lataguz M.M. Digital description of mining and geological conditions for analysis, forecasting and visualization of results on surveying digital plans // Bulletin Kuzbass state technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2018. No. 1. P. 84–92. (In Russ.).
5. Zykov V.S. Sudden emissions of coal and gas and other gas-dynamic phenomena in mines. Kemerovo: LLC «Firm POLYGRAPH», 2010. 334 p. (In Russ.).
6. Gagarin A.A., Ignatov Yu.M., Rout G.N., Lataguz M.M. The analisis of digital survey plans for subsequent inclusion in a geografic information system // Bulletin of Kuzbass State Technical University [Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta]. 2017. No. 1. P. 45–52. (In Russ.).
7. Lukichev S.V., Nagovitsyn O.V., Morozov A.V. Modeling of ore and formation deposits in the Mineframe system // Mining information and analytical Bulletin [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten]. 2004. No. 5. P. 296–301. (In Russ.).
8. Batugin A., Myaskov A., Ignatov Y., Khotchenkov E., Krasnoshtanov D. Re-using of data on rockbursts for up-to-date research of the geodynamic safety problem // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 221. doi:10.1088/1755 1315/221/1/012089. (In Russ.).
9. Geleskul M.N., Karetnikov V.N. Handbook of fixing capital and preparatory workings. M.: Subsoil, 1982. 479 p. (In Russ.).
10. Instructions on the rational location, protection and maintenance of mine workings in coal mines of the USSR. Leningrad: VNIMI, 1986. 222 p. (In Russ.).