



IV ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 622.1:744:004.92

© Ю.М. Игнатов, А.А. Гагарин, Г.Н. Роут, М.М. Латагуз, 2018

Ю.М. ИГНАТОВ

канд. техн. наук, доцент
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
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 им. Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово
e-mail: lmm.mdg@kuzstu.ru



М.М. ЛАТАГУЗ

старший преподаватель
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово
e-mail: lmm.mdg@kuzstu.ru



ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ

В статье приведены основные положения разрабатываемой авторами методики геоанализа угольного месторождения на основе современных геоинформационных технологий с цифровым описанием массива горных пород и визуализацией результатов на маркшейдерских цифровых планах горных выработок. Применение методики позволяет усовершенствовать прогнозирование горно-геологических условий при планировании горных работ и повысить надежность создаваемых технологических документов для снижения травматизма на шахтах.

Приведены результаты применения разработанного метода для геологических условий ведения горных работ по пласту Надбайкаимскому шахты имени А.А. Рубана. Пространствен-

ный анализ геологических условий произведен на основе таблиц выборки с присоединенными графическими объектами с помощью стандартных средств геоинформационных систем. Выявлена аномальная зона и приведен опыт упрочнения кровли в таких зонах.

Ключевые слова: МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАН, ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА, КОМПЬЮТЕРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, АНОМАЛЬНЫЕ ЗОНЫ, ТРАВМАТИЗМ НА ШАХТАХ.

В информационных бюллетенях, изданных Управлением по надзору в угольной промышленности, указывается, что причинами смертельного травматизма, связанного с обрушением породы, часто являются нарушения паспортов крепления горных выработок, нарушения паспортов выемочных участков, нахождение пострадавших в опасной зоне. Документ «Инструкция по составлению паспортов выемочного участка, проведения и крепления подземных выработок» указывает, что в соответствии с пунктом 11 Правил безопасности в угольных шахтах паспорт составляется в соответствии с проектом строительства (реконструкции) шахты, вскрытия и подготовки (реконструкции) горизонтов, блока, панели. Паспорт составляется для каждого выемочного участка и является технологическим документом на весь период его отработки.

Паспорт разрабатывается на основании прогнозных данных о горно-геологических условиях. В случаях непредвиденного изменения горно-геологических условий начальник участка должен внести изменения в паспорт и в суточный срок утвердить их. На угольных месторождениях выполняются геологические работы по изучению состава, строения, физических и механических свойств вмещающих пород, прогнозированию горно-геологических условий ведения горных работ. Результаты данных работ отображаются в первичной и сводной геологической документации согласно [1], как указано в нормативном документе «Положение о геологическом и маркшейдерском обеспечении промышленной безопасности и охраны недр. РД 07-408-01» [2]. В проекте разработки выемочного участка прогноз является обязательной частью и реализуется в виде технологической карты прогноза горно-геологических условий разработки угольного пласта. В прогнозе приведена информация о

свойствах угольного пласта, вмещающих пород, тектонической нарушенности, трещиноватости и др. [3].

Для прогнозирования используется ряд методов. Метод интерполяции применяется для определения промежуточных значений показателя между отдельными замерами. При экстраполяции определяется показатель на участке, находящийся за пределами изученной площади. Метод аналогии основан на выявлении сходства между хорошо изученными известными признаками и используется для оценки устойчивости горных пород кровли и почвы. Метод горно-геометрических построений основан на использовании выявленных закономерностей изменения геологических показателей в пространстве с помощью изолиний, геологических разрезов, палеток и картографических сеток. Математико-статистический метод позволяет определять наиболее вероятное значение показателя и оценивать его точность, вычислять величину изменчивости показателя, определять корреляционные связи.

Применение компьютерных технологий на шахтах сделало возможным компьютерное моделирование пластовых месторождений и создание маркшейдерских планов горных выработок в цифровом формате (ЦМП). Такие планы на шахтах Кузнецкого угольного бассейна изготавливаются путем сканирования планшетов планов горных выработок масштаба 1:2000, последующей векторизации и пополнения по результатам маркшейдерской съемки с использованием наиболее популярной системы автоматизированного проектирования AutoCAD [4]. Создание баз данных с цифровыми моделями объектов горной графической документации, с цифровым описанием горно-геологических условий является важным и логичным этапом перехода к цифровым технологиям для последующей обра-

ботки данных пакетами программ геоинформационных систем (ГИС).

Цифровое описание горно-геологических условий содержит комплект матриц, отражающих прогнозное размещение физических свойств горного массива и полей напряжений [5]. Требуется существующие методы прогнозирования перевести в компьютерный вариант с последующим построением прогнозных матриц.

В данной статье для цифрового описания горно-геологических условий рассмотрены пути решения трех задач построения прогнозных матриц:

- 1) распределение свойств горного массива;
- 2) полей напряжений;
- 3) интегральных показателей геомеханических свойств массива.

Построение прогнозных матриц распределения свойств горного массива

Массивы горных пород отличаются особенностями залегания и степенью тектонической нарушенности (трещиноватостью, блочностью, складчатостью), минералогическим составом, текстурой и пористостью, наличием газообразных включений, а также показателями физико-механических свойств, мощностью и углом падения пластов и др.

При прогнозе свойств горного массива применяются известные методы аналогии, интерполяции, экстраполяции, горно-геометрических построений и др., использование которых в компьютерном варианте позволяет производить построение прогнозных матриц распределения свойств горного массива.

Из прогнозных данных о горно-геологических условиях самым значимым является тектоническая нарушенность, которая при неточном отображении на цифровых планах может приводить к непредвиденному изменению горно-геологических условий, к остановке очистного забоя и демонтажу оборудования, к снижению производительности труда. Признаком наличия тектонической нарушенности массива являются изменения внешней

формы пласта, которые могут быть выявлены при математической обработке гипсометрических планов.

Далее приводим сведения из инструкции по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации [3], которые приняты нами за базовые исходные понятия для цифрового описания горно-геологических условий.

Тектоническая нарушенность складывается из пликативной и дизъюнктивной. Пликативные нарушения — это структурные формы, представленные изгибами слоев пород без нарушения их сплошности [3]. Величина складки характеризуется ее протяженностью (длинной), шириной и амплитудой. Длина складки — расстояние вдоль оси складки между теми ее частями, где шарнир приобретает горизонтальное или близкое к нему залегание. Ширина складки — расстояние между осями или осевыми поверхностями смежных складок. Амплитуда складки — расстояние по нормали от гребня одной складки до линии, соединяющей гребни смежных складок, измеренное по маркирующему слою.

Складки по величине, согласно классификации [3], делятся на средние с амплитудой сотни метров и длиной 1–10 км, мелкие с амплитудой десятки метров и длиной 0.1–1 км и очень мелкие с амплитудой менее 10 м и длиной метры и первые десятки метров.

На угольных месторождениях нередко встречаются особые формы складок. Флексура — коленчатый изгиб моноклинально залегающих слоев. Нередко флексура переходит в разрыв. В связи с этим флексура, как и разрывное нарушение, характеризуется амплитудой. Опасность представляют флексурные складки, распространенные на угольных месторождениях, которые можно рассматривать как нереализовавшийся разрыв. Изменчивость залегания пласта в зонах мелких и очень мелких складок, а также в замковых частях более крупных складок оценивается радиусом кривизны.

Разрывным нарушением (дизъюнктивом) называется результат тектонических движений, выраженный в разрушении горных

пород по некоторой поверхности и перемещении разъединенных частей [3]. По своей величине дизъюнктивные разрывы разделяются на крупные — протяженность от 10 до 100 км, средние — протяженность от 1 до 10 км, мелкие — протяженность от 0,1 до 1 км, очень мелкие — протяженность от 0,003 до 0,5 км. Зоной влияния дизъюнктива (аномальной зоной) является область массива, в пределах которой в результате деформаций наблюдаются изменения физико-механических и технологических свойств пород.

Прогноз дизъюнктивов основан на изучении всех проявлений разрывной тектоники в подготовительных и разведочных выработках выемочного столба и соседних участков. Дизъюнктивы, непереходимые лавами с амплитудой больше мощности пласта, вскрываются подготовительными выработками и при проектировании являются границами выемочного столба. В пределах выемочного столба могут быть встречены нарушения, нормальная амплитуда которых не превышает мощности пласта, такие нарушения считаются переходимыми, но требуют специальных мероприятий.

Для горных работ наиболее опасными считаются не выявленные разведкой зоны мелких и очень мелких складок и зоны очень мелких дизъюнктивных разрывов, далее будем их называть аномальными зонами. Выявление аномальных зон необходимо выполнять с помощью геоанализа «пространственных полей», для которых независимыми переменными являются пространственные координаты, а зависимыми служат отдельные значения исследуемых показателей свойств массива. Собранные данные обрабатываются программными средствами ГИС-технологий, производится оценивание трендов, определение меры анизотропии, анализ направленных вариограмм. В итоге строятся по каждому показателю прогнозные матрицы модели — GRID [5]. Объединение всех матриц в виде отдельных столбцов в единой базе данных дает возможность производить вычисление интегральных характеристик полей как описано далее.

Построение прогнозных матриц полей напряжений

Механические свойства горного массива в расчётах его сопротивления и деформаций характеризуют соответствующими показателями монолитной породы, скорректированными коэффициентами структурного ослабления, зависящими от меры нарушенности массива и от вида и уровня напряжённого состояния. Особенностью массива горных пород как среды действия прикладываемых сил, напряжений, развития деформаций, сдвижений и разрушений является его анизотропия и неоднородность.

Для количественной оценки влияния структурных ослаблений массива горных пород на его устойчивость необходимо построение прогнозных матриц распределения полей напряжений на цифровых планах горных работ [6].

Построение прогнозных матриц распределения полей напряжений на цифровых планах горных работ базируется на четырех основных положениях В.С. Зыкова [7], установленных при инструментальных шахтных исследованиях и оценке результатов тектонофизического анализа разрывных структур:

- наблюдается унаследованность «исторического» поля напряжений, что выражается в сохранении ориентировки главных нормальных напряжений;
- преобладающими являются горизонтальные напряжения и соответствующие деформации;
- большие деформации массива создают и большие остаточные напряжения;
- деформации приводят к изменениям структуры породного массива, прежде всего к его уплотнению.

Это дает возможность использовать для оценки относительной напряженности величины деформаций пород, возникших при смещениях по разрывам, ограничивающим блоки массива пород, и по параметрам пликтивных складок. Для определения главного направления деформаций (направление, вдоль которого сумма значений простран-

венной изменчивости максимальна) рассчитываются карты вариограмм как в двумерной плоскости, так и в трехмерном пространстве. Основной задачей карты вариограмм является определение направлений главных осей действия сил и коэффициентов анизотропии для этого массива данных.

На план наносят геологическую информацию по выемочному столбу и прилегающим площадям и производят реконструкцию полей напряжений по величинам тектонических деформаций. В итоге строятся по каждому пласту прогнозные матрицы полей напряжений — модели GRID [5].

Построение прогнозных матриц интегральных показателей геомеханических свойств массива

В цифровой модели горного массива значение имеют состав и свойства пород ложной, непосредственной, основной кровли и почвы пластов. Указанные слои представлены разными стратифицированными структурами, состоящими из литотипов (песчаники, алевролиты, аргиллиты и т. д.). При построении модели эти свойства оцениваются интегральными показателями геомеханических свойств массива, утвержденными отраслевой инструкцией (показатель устойчивости непосредственной и обрушаемость основной кровли) [3]. При их вычислении используются такие показатели, как тектоника, трещиноватость и др., которые размещены в виде полей и оказывают большое влияние на физические свойства пород. Интегральные показатели геомеханических свойств массива определяются по материалам прогнозных матриц распределения свойств горного массива и прогнозных матриц распределения полей напряжений. Для объединения нескольких моделей GRID по разным показателям они должны иметь общую точку привязки, одинаковый размер и число ячеек. При слиянии моделей первая модель служит основой для реструктурирования второй модели, и результирующая модель содержит больше блоков, чем их число во входных моделях.

Сочетание элементов дизъюнктивной и пликативной нарушенности на цифровых планах приводит к появлению аномальных зон геомеханических свойств массива. В таких зонах наблюдаются опасные показатели устойчивости непосредственной и обрушаемости основной кровли и высокие показатели аварийности горных работ. В основу компьютерного метода поиска аномальных зон принято положение, что первым признаком наличия зон деформаций являются резкие изменения внешней формы пласта, которые могут быть выявлены при вычислении производных показателей (градиентного поля) гипсометрических планов. Гипсометрическое положение угольных пластов является результатом деформации угленосной толщи под воздействием дислокаций в течение всей тектонической жизни района. Вычисление дифференциальных характеристик поверхностей позволяет выявить закономерности совместного изменения гипсометрии, трещиноватости и устойчивости кровли угольных пластов.

Разрабатываемая авторами система поиска аномальных зон [6] включает алгоритм поиска путем создания запросов. Пространственный анализ полученных результатов производится на основе таблиц выборки с присоединенными графическими объектами с помощью стандартных средств ГИС. Выборка формируется с помощью языка запросов SQL (Structured Query Language), встроенного в систему управления БД (СУБД). СУБД — комплекс программ и языковых средств, предназначенных для создания, ведения и использования баз данных. Данные выборки могут быть обобщены, объединены, агрегированы, комбинированы, группированы на этапе формирования. Выбранные по SQL-запросу графические объекты в окне карты показываются как «выбранные» и отмечаются как «выбранные записи» в исходной таблице.

В данной статье далее приводим опыт нахождения аномальных зон с использованием ГИС-технологии по пласту Надбайкаимский шахты имени А.А. Рубана. Произведено конвертирование векторного маркшейдерского плана и связанные с ним БД полей геологиче-

ских, геометрических и геомеханических характеристик в программы ГИС-технологии. Созданы цифровые матрицы (GRID-модели) с использованием пяти методов интерполяции (линейной, по усредненной поверхности, обратного взвешивания, полиномы, Кригинг).

Построение прогнозных планов производим для показателя деформированности

горного массива пласта Надбайкаимский (см. рис. 1). При обработке табличных данных высотных отметок маркшейдерских точек за показатель деформированности массива принята величина расхождения между фактической поверхностью кровли пласта и аналитической поверхностью.

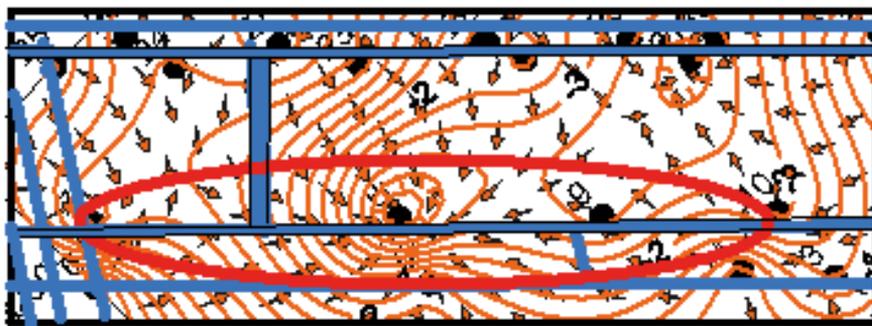


Рис. 1. Поле деформаций пласта «Надбайкаимский» шахты имени А.А. Рубана

Указанный участок, ограниченный линией эллипса на рис. 1, является зоной деформированности горного массива и определен методом цифровой фильтрации [5]. На рис. 2 методами

ГИС выполнен запрос — выборка тематических данных, основанная на использовании языка запросов SQL (Structured Query Language) для интегрального показателя устойчивости кровли.



Рис. 2. Построение прогнознй границы аномальной зоны с использованием языка запросов SQL

Выделенные ячейки являются зоной аномальной деформированности массива, с повышенной трещиноватостью и значительным ухудшением устойчивости кровли угольного пласта.

Затем границы прогнознй аномальной зоны перенесены на ЦМП (см. рис. 3), и произведен анализ работы комплекса в данной лаве. По материалам горных работ оказалось, что возле скважины 21580 (см. рис. 3) трещи-

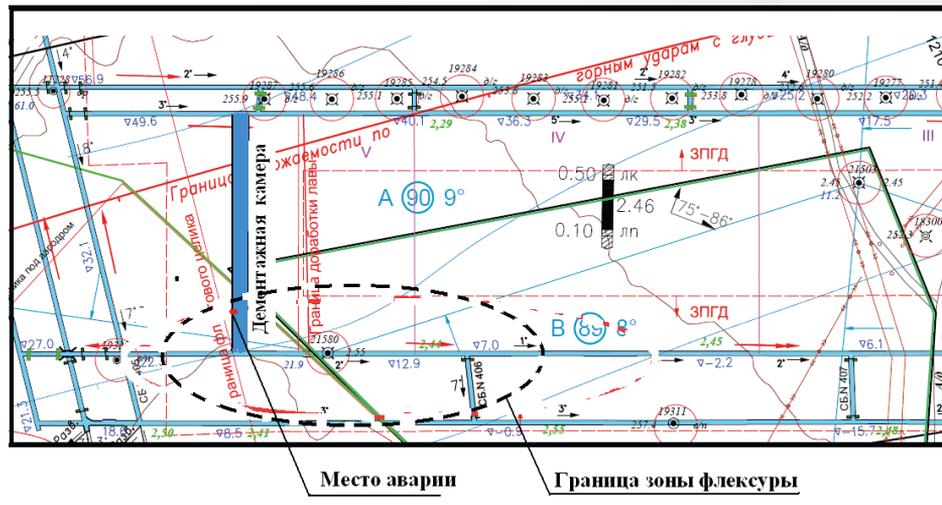


Рис. 3. Цифровой маркшейдерский план по пласту «Надбайкаимский» с границами аномальной зоны

новатость кровли пласта «Надбайкаимский» значительно выше, чем учтена в паспорте крепления демонтажной камеры. Высокая трещиноватость пород междупластья способствовала интенсивному расслоению пород и их обрушению в пределах мощности пород непосредственной кровли. Это явилось основной причиной обрушения пород в демонтажной камере в период демонтажа секций крепи МКЮ.2Ш-13/27. Успешно было демонтировано 25 секций. При подготовке к демонтажу 26-й секции произошло обрушение кровли на участке с 26 секции по 32 секцию. Секции крепи, начиная с 25 по 32, находились под обрушенными породами, посажены «нажёстко», на отдельных секциях имеются деформации. Со стороны конвейерного штрека на участке демонтированных секций породы кровли обрушены.

Опыт работы на шахте «Владимирская» показал, что в период перехода комплексов через аномальные зоны резко снижались производственные показатели. Обрушения кровли приводили к вынужденной приостановке работ в лавах для ликвидации аварийных состояний. Так, при отработке лавы № 3 по шахте Владимирская в такие периоды частота обрушений была настолько велика, что рабочее время комплекса составляло около 40 %, а остальное время уходило на ликвидацию аварийных ситуаций. Применяемые

методы крепления забоя (перетяжка кровли брус-пластиной, бурение скважин и установка поколота и др.), при большой трудоёмкости работ и больших затратах материалов, были неэффективны. Для ликвидации аварийных ситуаций внедрились метод химического укрепления пород кровли. Разработанные технической службой шахты совместно со специалистами ООО «СИБХИМУКРЕПЛЕНИЕ» мероприятия по упрочнению массива в зонах неустойчивой кровли позволили предотвратить описанные выше трудности и, как следствие, повысить безопасность труда с увеличением объема добычи.

Технические решения разрабатывались специалистами ООО «СИБХИМУКРЕПЛЕНИЕ», ими поставлялись необходимые материалы и оборудование для нагнетания скрепляющих компонентов в скважины. Техническая служба шахты «Владимирская» разрабатывала технико-коммерческое предложение по упрочнению кровли полимерным материалом для устранения последствий обрушения кровли в лавах. Прогнозное выделение таких зон позволяло учитывать их влияние в виде коэффициентов при инженерных расчетах многих задач горного дела.

Технология упрочнения заключалась в следующих действиях. Электросверлом (пневматическим) пробуривается шпур диаметром 43 мм, длиной L=3,5-4,0 м. В шпур

подаётся инъекционная трубка с привинченным распорным патроном. К инъекционной трубке присоединяется нагнетательный пистолет, который посредством шланга соединяется с гидравлическим насосом. Насосом производится нагнетание в массив горных пород полиуретанового клея Шахтизол-100. Шахтизол-100 состоит из двух жидких компонентов, которые в объёмном соотношении 1:1 при помощи насоса подаются отдельно по шлангам, перемешиваются в смесителе и через инъекционную трубку и герметизатор нагнетаются в массив. Реакция компонентов начинается в смесителе, а полное отверждение полимерной смеси происходит в горном массиве.

Шахтизол-100 обладает специфическими физико-химическими свойствами, которые обеспечивают большую эластичность шва при одновременной высокой прочности на сжатие 40 МПа и изгиб 40 МПа. Низкая вязкость продукта и короткое время реакции компонентов позволяют тщательно заполнить даже самые маленькие трещины и щели,

эффективно упрочняя склеиваемый массив горных пород. Для повышения рентабельности метода продукт Шахтизол-100 обогащён компонентами, увеличивающими его объём в 2 раза. Очередным достоинством клея является его способность склеивания не только сухих, но и влажных и даже сильно обводнённых пород. Бурение каждого последующего шпура производится только после окончания закачивания клея в предыдущий шпур (для исключения прорыва клея в заранее пробуренный шпур).

Таким образом, использование компьютерных технологий для решения задач прогнозирования границ аномальных зон позволяет повысить степень правильности принимаемых проектных решений. Внедрение ГИС для решения задач прогнозирования, проектирования и планирования горных работ позволяет увеличить степень надёжности хранения и уровень обработки информации, обеспечить представление информации быстрее и в удобной для пользователя форме, повысить достоверность исходной информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Межгосударственный стандарт. Горная графическая документация. Изображение элементов горных объектов. — Введ. 01.01.1980. — Переизд. 01.06.2002. — М.: ВНИИНМАШ. — 1980.
2. Положение о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах // Охрана недр и геолого-маркшейдерский контроль: Сборник документов. — Серия 07. — Выпуск 8. — М.: НТИЦ «Промышленная безопасность», 2002. — 66 с.
3. Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации. — СПб., 1993. — 147 с.
4. 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 // Вест. Кузбасского гос. техн. унив., 2017. — № 1. — С. 45–52.
5. Игнатов Ю.М. Совместное использование горно-геометрических данных и цифрового маркшейдерского плана в геоинформационной системе для поиска опасных зон // Вест. Кузбасского. техн. унив., 2010. — № 1. — С. 139–143.
6. Гагарин А.А. Совершенствование методики создания цифрового плана горных выработок и методов прогноза горно-геологических условий / А.А. Гагарин, Ю.М. Игнатов, Г.Н. Роут // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Материалы Международной научно-практической конференции Сибресурс-2016. — Кемерово, 2016. — 6 с.
7. Зыков В.С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах. — Кемерово: ООО «Фирма ПОЛИГРАФ», 2010. — 334 с.

УДК 622.1:744:004.92

© Yu.M. Ignatov, A.A. Gagarin, G.N. Rout, M.M. Lataguz, 2018

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: lmm.mdg@kuzstu.ru

M.M. Lataguz

Senior Lecturer
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo
e-mail: lmm.mdg@kuzstu.ru

COMPUTER SIMULATION OF DEPOSITS IN THE DECREASING OF INJURIES IN COAL MINES

The article presents the main theses of the methodology developed by the authors for a computer model of coal deposits. The experience of assessment of the model for the geoanalysis with the application of geoinformation technologies is described. The method of digital description of rock mass and results visualization on the surveying digital plans of mine openings is given. The application of this method allows to improve the forecasting of mining and geological and to increase the reliability of the technological documents created to reduce injuries in coal mines. The results of application of the developed method for geological conditions of Nadbaikaimsky coal bed in A.A. Rubana coal mine are presented. The dimensional analysis of geological conditions based on sample tables with added graphics objects with the use of GIS standard tools is done. The anomalous zone is detected and the experience of roof consolidation in such zones is given.

Key words: SURVEYING DIGITAL PLAN, GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, COMPUTER FORCASTING, ANOMALOUS ZONE, INJURIES IN COAL MINES.

REFERENCES

1. Mezhgosudarstvennyy standart. Gornaya graficheskaya dokumentatsiya. Izobrazhenie elementov gornykh objektov (Mine graphic documentation. Mine object elements image. Interstate standard). Vved. 01.01.1980. Pereizd. 01.06.2002. M.: VNIINMASH, 1980.
2. Polozhenie o poryadke i kontrole bezopasnogo vedeniya gornykh rabot v opasnykh zonakh (Regulation on the procedure for industrial safety mining controle in dangerous areas. Regulatory document). Okhrana nedr i geologo-marksheyderskiy kontrol: Sbornik dokumentov. Seriya 07. Vypusk 8. NTTS «Promyshlennaya bezopasnost». M., 2002. 66 p.

3. Instruktsiya po geologicheskim rabotam na ugolnykh mestorozhdeniyakh Rossiyskoy Federatsii (Instruction on geological works at coal deposits of the Russian Federation). SPb., 1993. 147 p.

4. Gagarin A.A., Ignatov Yu.M., Rout G.N., Lataguz M.M. Analiz marksheyderskikh tsifrovyykh planov dlya posleduyushchego vklyucheniya ikh v geoinformatsionnyuyu sistemu (The analysis of digital survey plans for subsequent inclusion in a geographic information system). Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo Universiteta = Vestnik of Kuzbass State Technical University. 2017. № 1. pp. 45–52.

5. Ignatov Yu.M. Sovmestnoe ispolzovanie gorno-geometricheskikh dannykh i tsifrovogo marksheyderskogo plana v geoinformatsionnoy sisteme dlya poiska opasnykh zon (Mining-and-geometrical data sharing and the digital surveying plan in geoinformational system for searching of dangerous zones). Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo Universiteta = Vestnik of Kuzbass State Technical University. 2010. № 1. pp. 139–143.

6. Gagarin A.A., Ignatov Yu.M., Rout G.N. Sovershenstvovanie metodiki sozdaniya tsifrovogo plana gornykh vyrabotok i metodov prognoza gorno-geologicheskikh usloviy (Improved methods of creating a digital plan of the mine workings and methods of forecasting of geological conditions). Prirodnye i intellektualnye resursy Sibiri. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Sibresurs-2016 = International Scientific Conference on natural and intellectual resources. Sibresurs-2016. Kemerovo, 2016. 6 p.

7. Zykov V.S. Vnezapnye vybrosy uglya i gaza i drugie gazodinamicheskie yavleniya v shakhtakh (Coal and gas outbursts and other gasdynamic phenomena in coal mines). Kemerovo: ООО «Firma POLIGRAF», 2010. 334 p.