



## I ГЕОМЕХАНИКА И ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.45.78.001

УДК 622.831:004

© Ю. М. Игнатов, Г. Н. Роут, И. Л. Харитонов, М. Ю. Игнатов, 2023

### Ю. М. ИГНАТОВ

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



### Г. Н. РОУТ

канд. техн. наук, доцент  
КузГТУ, г. Кемерово  
e-mail: routgn@kuzstu



### И. Л. ХАРИТОНОВ

канд. техн. наук,  
начальник технического управления  
АО «СУЭК-Кузбасс»  
e-mail: kharitonovil@rambler.ru



### М. Ю. ИГНАТОВ

начальник ПТО  
ООО «ЭкоСтрой ЛК»  
e-mail: ignatov1980@mail.ru



## МЕТОД ЗОНИРОВАНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ПО ФАКТОРУ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

*В статье приведен разрабатываемый метод оценки изменчивости свойств горного массива с разделением на зоны геологических условий при геоинформационном моделировании для управления геомеханическим состоянием пород с целью обеспечения безопасности горных работ.*

*За основные показатели свойств горного массива для рассматриваемого угольного пласта приняты геомеханические и литологические характеристики кровли, вычисленные по данным разведочных скважин.*

*Приведен опыт размещения объектов геотехнологии и свойств горного массива в цифровом виде в геоинформационной модели, использованы методы работы с электронными таблицами баз данных, связанными с инструментами графического отображения и функциями пространственного анализа.*

*Исследовалось влияние точности цифровых моделей в пространстве шахтного поля на надежность определения показателей управляемости кровлей в очистном забое. Произведено разделение выемочного столба лавы 66-09 по устойчивости кровли угольного пласта на зоны, которые были получены с использованием геоинформационной модели.*

Ключевые слова: УПРАВЛЯЕМОСТЬ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ПОРОД, ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ, ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время применение высокопроизводительной добычной и проходческой техники дает ожидаемый эффект лишь в том случае, если ее характеристики соответствуют реальным горно-геологическим условиям на достаточно больших участках отрабатываемого поля [1]. В расчетных формулах горного дела применяют показатели, определяемые по данным натурных наблюдений в отдельных точках, но массив горных пород является физически неоднородной, анизотропной средой с изменчивыми свойствами в пространстве. Получается, что для прогнозной оценки горно-геологических условий необходимо использовать большой объем неструктурированной, накопленной совокупности пространственных данных, и это затрудняет процесс эффективного применения такой информации. Применение методов цифровизации путем преобразования информации в цифровые коды позволяет проводить обработку информации прикладными программными модулями. Развитие компьютерного моделирования и визуализации происходит за счет появления новых методов анализа и прогнозирования, и их внедрение повышает качество цифровых пространственных данных и точность оценки геологических условий.

Применение технологии геоинформационного моделирования позволяет разрабатывать алгоритмы решения задач горного дела путем ввода пространственно распределенных характеристик в базы данных геоинформационных систем (ГИС). Размещение объектов геотехнологии и свойств горного массива в цифровом виде в геоинформационной модели позволяет связать воедино инструменты графического отображения, работу с электронными таблицами и базами данных

и использовать функции пространственного анализа. В базе данных используются результаты из разных источников с разной степенью точности, но в цифровой форме из-за возможностей памяти компьютера они ощущаются как очень точные. При наложении множества планов, связанных с электронными таблицами, точность результирующего материала может оказаться очень низкой и необходимо оценивать степень пригодности полученной геоинформационной модели для решения задач.

## КРИТЕРИИ ТОЧНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАНЫХ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ЦИФРОВОМ ВИДЕ

Для определения погрешности (точности) результатов измерений и в отечественной, и в международной практике за действительное значение принимают общее среднее значение (математическое ожидание) заданной совокупности результатов измерений, выражаемое в отдельных случаях в условных единицах. Эта ситуация и отражена в термине «принятое опорное значение» ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 [2], который рекомендуется для использования в отечественной практике. Точность — это степень близости результата измерений к принятому опорному значению. Термин «точность», когда он относится к серии результатов измерений (испытаний), включает сочетание случайных составляющих и общей систематической погрешности (ГОСТ Р ИСО 3534-1-2019).

При решении задач в практике горного дела принято оценивать свойства месторождения, осредненные в пространстве шахтного поля, и отдельных выемочных столбов по данным конкретных геологоразведочных

скважин. Такой точности для выборки с изменчивыми геологическими условиями недостаточно, поэтому производится формулирование исходных условий в таблицах в виде диапазонов, что создает области неопределенности.

Оценку горно-геологических условий, представленных в виде прогнозных пространственно-распределенных характеристик, выполняют согласно инструкции по геологическим работам [1]. Основными горно-геологическими факторами, влияющими на эффективность применения высокотехнологичных механизированных очистных комплексов и управляемость геомеханическим состоянием пород, являются:

- непостоянство в границах выемочного участка состояния кровли и трещиноватости;
- изменения в структуре и характере породы непосредственной кровли;
- внезапное появление зон повышенного горного давления;
- формирование куполов (сводов) и т.д.

На основе практического материала можно утверждать, что процесс обрушения основной кровли неразрывно связан с газодинамическими явлениями и является их причиной. Большую опасность представляют зоны, когда деформированные участки пласта из-за геодинамических процессов накладываются на особенности распределения напряжённо-деформированного состояния массива при геотехнологических процессах [3, 4].

Таким образом, на эффективность работы очистных комплексов и безопасность горных работ влияют погрешности численных значений показателей геологических условий и погрешности изображения границ зон с разными значениями показателей на маркшейдерских планах. Применение ГИС для повышения точности прогнозной оценки геологических условий вызвало необходимость преобразования горной графической документации в цифровой вид с последующим анализом получаемых результатов.

Производство цифровых маркшейдерских чертежей включает следующие этапы: сканирование маркшейдерской документации,

трансформацию полученного растрового изображения в действующую систему координат, векторизацию растрового изображения, получение твердой копии маркшейдерского чертежа.

При переводе маркшейдерских чертежей в цифровую форму применяется электронно-механическое сканирование. Программное обеспечение для создания и ведения графической маркшейдерской документации в цифровой форме должно обеспечивать возможность:

- создания плана с многослойной структурой, с выделением производственно-технической информации в отдельные слои;
- создания пользователем объектно-пространственно-привязанных атрибутивных списков;
- пополнения и корректировки планов.

Все пространственные данные неточны, но в цифровой форме из-за возможностей памяти компьютера они ощущаются как очень точные, поэтому необходимо рассматривать два вопроса:

- насколько правильно цифровые структуры отражают реальный мир;
- какова точность исходных показателей.

Количественная оценка точности созданных цифровых планов производится по ряду критериев:

1. Погрешности векторизации;
2. Позиционная точность;
3. Точность атрибутов объектов.

**Погрешности векторизации**, могут возникнуть при несоблюдении технологии и отсутствии должного контроля при создании цифрового плана. Для выполнения векторизации используют специальные программы, с помощью которых пространственные объекты описываются аналитически (как последовательность символов) набором примитивов, называемых векторными объектами: «точка», «линия (полилиния)», «площадь (полигон)» и «поверхность».

Задачей векторизации является полный и точный ввод данных с исходного материала путем последовательной трассировки

характерных контуров объектов, представленных в сканированной растровой подложке. На всех этапах векторизации работы должен выполняться контроль.

При контроле проверяют наличие всех необходимых материалов. Точность сканирования контролируют измерением сторон координатной сетки и отклонение их от теоретических размеров не должны превышать 0,15 мм. При заключительном контроле качества цифрования оценивают:

- точность цифрования по узлам координатной сетки;
- полноту содержания цифрового плана, сравнением с оригиналом;
- передачу формы объектов, путем увеличения в 2–4 раза изображение их на экране монитора;
- правильность совпадения одноименных точек объектов из разных слоев путем увеличения в 5–8 раз изображения.

В результате, погрешности, которые имеют исходные планы, при векторизации автоматически переносятся в базу данных, но сам процесс, при соблюдении технологии и контроля, не вносит погрешностей в точность представления реальных объектов.

**Позиционная точность** определяется как величина отклонения вычисленных координат объекта от их истинного значения, и для проверки достаточно выполнить выборочное сравнение. Координаты в векторном формате могут кодироваться с любой мыслимой степенью точности, но исходные данные не соответствуют такой точности представления. Мало природных объектов имеют четкие границы, которые можно представить в виде математически определенных линий. Тонкие линии в векторном формате дают ложное ощущение точности и фиксируют неопределенность положения векторного объекта, а не точность координат. Проверяются внутренние признаки: незамкнутые полигоны, линии, проходящие выше или ниже узловых точек и т.п. Поэтому при соблюдении контроля при цифровании позиционная точность не ухудшается.

Точность атрибутов объектов берется по материалам скважин и измерениям,

полученным при ведении горных работ. На весь набор данных влияют:

- погрешности измерения показателей;
- погрешности обработки данных;
- погрешности методов прогнозирования.

**Точность атрибутов** определяется как близость их к истинным показателям. Для атрибутов объектов, выделяемых в результате классификации, точность выражается в оценках соответствия или правдоподобия. Для непрерывных атрибутов в цифровой модели горного массива точность находится через расчет погрешности показателя в конкретной точке плана, определяемая через погрешность прогнозирования.

Прогноз горно-геологических условий позволяет определить характер будущего поведения пород кровли в лавах при горных работах, и их правильная оценка и изображение на цифровых планах являются критерием эффективности принятых проектных решений.

Таким образом, самыми значимыми являются погрешности прогнозирования расположения границ на плане горных работ пространственно-распределенных объектов, определяющих управляемость кровли.

### ОПЫТ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

В инструкции по геологическим работам [1] указано, что главным, интегральным, фактором, определяющим оценку горно-геологических условий отработки пласта, является управляемость кровли. Управляемость кровли — способность обеспечения бесперебойной работы очистного забоя, которая зависит от устойчивости кровли. Вопросами устойчивости кровли занимались многие исследователи, предложено много методов расчета в исследуемой лаве с применением разных методов прогнозирования. В настоящее время насчитывается более 100 разнообразных по областям применения, неравноценных по точности методов прогнозирования.

Появление мощных программ ГИС создает возможность использовать геоинформационное моделирование для объединения разных методов прогнозирования в единый комплексный метод и выполнять поиск оптимальных решений.

Показатели свойств горного массива, определяющие геологические условия отработки пласта, являются непрерывно распределенными в пространстве, замеренными по дискретным точкам скважин, компьютерные программы используются для преобразования точечных значений в непрерывную поверхность. Наиболее распространенным вариантом аналитического вероятностного моделирования являются прогнозные математические модели тренд-анализа.

Анализ литературных источников показал, что в горной науке сложилось понимание, что для описания конкретной реализации отдельного природного фактора целесообразно применять следующее выражение:

$$\varphi(x, y) = u(x, y) + v(x, y) + \omega,$$

где  $u(x, y)$  — низкочастотная составляющая изменчивости (тренд);  $v(x, y)$  — высокочастотная (зональная) составляющая изменчивости;  $\omega$  — поле белого шума.

Каждая из составляющих может быть выделена цифровым фильтром с определенными частотными характеристиками. Физический смысл фильтрации заключается в нахождении величины отклонений фактической поверхности от аппроксимирующей поверхности. Фильтрация позволяет удалить низкочастотную составляющую.

Нами выполняются исследования закономерностей структурного строения и размещения полей геомеханических характеристик по материалам разведочных скважин и данным горных работ, по результатам строятся цифровые модели горного массива [5].

При изучении закономерностей в изменчивости геологических условий устанавливались:

- количество составляющих в модели поля признаков;
- выбор метода выделения составляющих на основании анализа данных.

Построение цифровых непрерывных полей геомеханических характеристик производится для каждого отдельного показателя по дискретным точкам скважин и корректирующихся по отработанным участкам в зависимости от соотношения дисперсий закономерной и случайной составляющих. Наиболее эффективным показателем горно-геологических условий отработки пласта является устойчивость кровли. Устойчивость кровли характеризуется шагами обрушения основной кровли. Различают два режима обрушения пород кровли: режим начального и режим установившегося обрушения.

Неоднородность массива горных пород, наличие нарушенных и трещиноватых участков кровли приводит к появлению аномальных зон, которые проявляются изменениями в шагах обрушения основной кровли. Вопросами расчета и прогнозирования шагов обрушения основной кровли занимались В. Д. Слесарев, А. А. Борисов [6, 7] и другие исследователи, которые разработали целый ряд методов и формул для расчета первичного и последующих шагов обрушения.

Для опробования метода расчета и прогнозирования шагов обрушения основной кровли на основе геоинформационного моделирования выбран объект — выемочный столб лавы 66–09, пласта 66, шахты «Талдинская-Западная-1». Произведено конвертирование векторного маркшейдерского плана горных выработок в ГИС-технологии и созданы реляционные таблицы атрибутивных данных по материалам геологического отчета по Северно-Талдинскому месторождению, материалов геолого-маркшейдерской службы шахты «Талдинская-Западная-1» и сведений из отчета [8], в создании которого авторы статьи принимали участие. Создана база данных на результатах анализа горно-геологического прогноза выемочного участка. Далее с использованием геоинформационного моделирования производилось построение пространственных полей, создание цифровых моделей с применением аналитических и моделирующих функций в ГИС.

Анализ данных по скважинам привел к выводам, что непосредственная кровля представлена алевролитом мелкозернистым, слоистым, трещиноватым. Мощность непосредственной кровли изменяется от 2 м до 17 м, при среднем значении 7,75 м. Сопротивление пород сжатию непосредственной кровли изменяется от 7 МПа до 74,8 МПа, при среднем сопротивлении 40,9 МПа. Коэффициент крепости пород изменяется от 1 до 7,5, среднее значение составляет 4,25. По результатам оценки установлено, что устойчивость пород непосредственной кровли пласта 66 изменяется от средней устойчивости (2 класс) до неустойчивой (3 класс).

Основная кровля представлена переслаиванием трещиноватых слоёв алевролитов и песчаников разной зернистости, слоистых, от неустойчивых легкообрушающихся до среднеустойчивых. Мощность основной кровли изменяется от 9,65 м до 36,7 м, сопротивление сжатию пород изменяется от 35 МПа до 60 МПа.

Авторами статьи предлагается расчет значений устойчивости кровли лавы 66–09, последующее зонирование участка произвести с помощью вычисленных шагов обрушения при вторичной осадке. Метод расчёта шагов обрушения кровли для каждого слоя основан на формулах проф. В. Д. Слесарева [6] и рассмотрен в нашей статье [5].

Из результатов расчёта получилось, что шаги обрушения пород непосредственной кровли при вторичных осадках изменяются соответственно от 4,7 м до 13,7 м при среднем значении 8,8 м.

Шаги обрушения пород основной кровли при вторичных осадках изменяются от 11,3 м до 18 м при среднем значении 14,5 м. Значимый разброс в значениях указывает на то, что особенностью горно-геологических условий залегания пласта 66 является непостоянство структурного строения и свойства вмещающих пород.

Это осредненные характеристики для всего выемочного столба лавы, но инструкция по геологическим работам и практика горных работ требуют, чтобы при изменчивости типов

кровли их границы уточнялись на плане горных работ. Поэтому необходимо решать задачу зонирования горного массива по фактору устойчивости пород кровли угольного пласта с визуализацией результатов на прогнозных планах горных работ.

### ЗОНИРОВАНИЯ ГОРНОГО МАССИВА ПО ФАКТОРУ УСТОЙЧИВОСТИ ПОРОД КРОВЛИ ПЛАСТА 66

Для зонирования горного массива необходимо рассмотреть влияние на устойчивость кровли следующих факторов: нарушенность пласта, трещиноватость и слоистость. Оценка влияния произведена с использованием коэффициента структурного ослабления массива, который принимается в зависимости от литотипа пород и вынимаемой мощности пласта [9–11]. Совокупность измеренных значений показателя, установленных в произвольно расположенных точках, трансформируется в систему значений в узлах квадратной сетки.

Нами выполнены статистические исследования закономерностей структурного строения и размещения полей геомеханических характеристик по материалам разведочных скважин и данным горных работ, по результатам построены цифровые модели горного массива. Цифровые модели построены с использованием пяти методов интерполяции (линейной, по усредненной поверхности, обратного взвешивания, полиномы, Кригинг).

Произведено разделение выемочного столба лавы 66–09 по устойчивости основной кровли угольного пласта на зоны, которые были получены с использованием методов работы с электронными таблицами баз данных, связанными с инструментами графического отображения и функциями пространственного анализа.

Породы разделены на 6 групп. Для каждой группы литотипов даны коэффициент крепости, расстояние между трещинами, расстояние между слоями, коэффициент трещиноватости, слоистости, дополнительно дан коэффициент ползучести пород. За основной показатель, учитывающий совокупное

Таблица 1

## Шаги обрушения непосредственной и основной кровли

Номер скважины	Шаги обрушения непосредственной кровли, (м)			Шаги обрушения основной кровли, (м)		
	hслоя, (м)	Первичная осадка	Вторичная осадка	hслоя, (м)	Первичная осадка	Вторичная осадка
2287	6	19,44	3,24	16,3	55,2	9,2
2290	6	19,44	3,24	18,3	58,5	9,8
13764	5,4	18,3	3,1	23,6	66,4	11,13
13768	3	13,76	2,32	25,9	69,5	11,6
13800	2	11,24	1,88	30,3	76,3	12,6
13838	12,6	28,2	4,72	12,6	48,6	8,12
13853	10	25,12	4,2	14	51	8,54
13933	17	32,76	5,48	11,9	47,2	7,9
Среднее		21,0	3,52		59	9,86

влияние указанных факторов, принят коэффициент снижения прочности пород (коэффициент литотипности), численно равный произведению коэффициентов крепости ( $f$ ), ползучести ( $K_p$ ), трещиноватости ( $K_t$ ), слоистости ( $K_c$ ). Характеристики вмещающих пород пласта 66 в контурах выемочного столба 66–09 определялись по восьми разведочным скважинам.

Коэффициент литотипности пород получился равным 0,4 для непосредственной кровли при мощности слоя ( $h_{\text{слоя}}$ ), см. табл. 1, и 0,7 для пород основной кровли [7]. Прочностные свойства пород снижаются, соответственно снижаются шаги обрушения пород при первичных и вторичных осадках. Результаты

расчёта шагов обрушения, с учётом коэффициента литотипности, приведены в табл. 1.

Среднее значение шага обрушения основной кровли при первичных осадках снизилось с 84,2 м до 59 м, при вторичных осадках ( $L_2$ ) — с 14,5 м до 9,8 м (см. табл. 1.) Задача зонирования горного массива по фактору вторичных осадок основной кровли, с визуализацией результатов на прогнозных планах горных работ решена с использованием геоинформационной модели и представлена на рис. 1. Первая зона —  $7,9 \leq L_2 \leq 9,3$  (красный цвет). Вторая зона —  $9,4 \leq L_2 \leq 11,0$  (желтый). Третья зона —  $11,1 \leq L_2 \leq 12,6$  (зеленый).

Практический опыт работ на шахтах показывает, что вторичный шаг осадки для

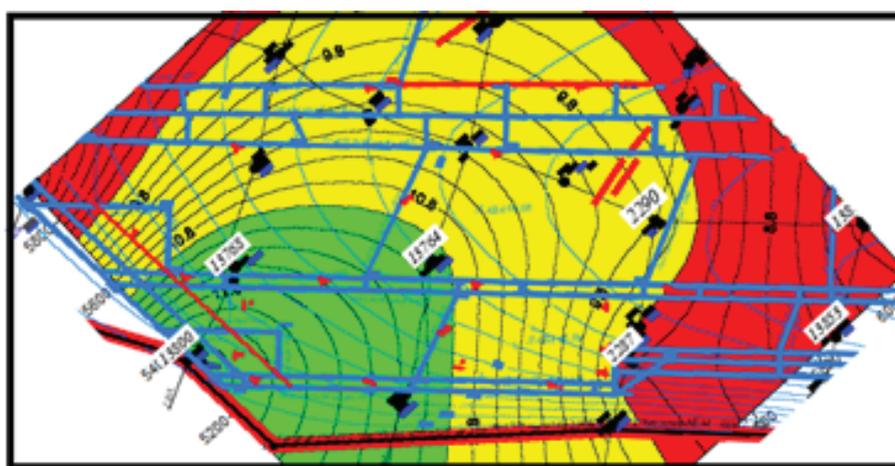


Рис. 1. Зоны по прогнозу устойчивости основной кровли лавы 66–09

основной кровли обычно составляет: для легкообрушаемой 4–6 м, для кровли средней обрушаемости — 8–12 м, для труднообрушаемой — 16–20 м, для весьма труднообрушаемых — 25–40 м.

Получается, что если построить тектонофизическую модель кровли выемочного участка лавы 66–09 и выделить участки повышенной трещиноватости, то такие участки будут зонами, на которые для успешной и безопасной работы очистных забоев необходимо разрабатывать меры предварительного упрочнения кровли.

Снижение шагов обрушения кровли будет способствовать совместному обрушению пород непосредственной и основной кровли в пределах мощности активной кровли. При совместном обрушении пород на секции крепи будет создаваться высокое давление от обрушающихся пород, потребуется, в этом случае, принимать крепь с высоким сопротивлением. Поэтому по мере подхода лавы к точке обрушения будет возрастать нагрузка кровли на призабойную часть пласта и происходить «отжим» угля и газа в выработанное пространство.

Таким образом, интенсивность и тяжесть проявления осадок основной кровли определяется прочностными свойствами и структурными особенностями пород основной и непосредственной кровли.

Анализ информации о физико-механических свойствах горных пород показывает, что наиболее изменчивыми характеристиками пород являются временное сопротивление сжатию, растяжению и сила

сцепления. Для оценки достигнутой степени детальности изучения исследуемого показателя служит точность геоинформационной модели, а в результате погрешность прогнозного плана выемочного участка горных работ. Необходимо для повышения точности геоинформационной модели продолжить исследования по созданию методов прогноза трещиноватости.

## ВЫВОДЫ

1. Предложен метод зонирования горного массива по фактору геологических условий с применением геоинформационного моделирования объектов геотехнологии и горного массива в цифровом виде.

2. В методе связаны воедино инструменты графического отображения, работа с электронными таблицами и базами данных и используются функции пространственного анализа.

3. Метод позволяет произвести зонирование площади выемочного столба, с использованием оценки устойчивости пород кровли и учетом коэффициентов литотипности, определяющие управляемость кровлей.

4. Оценка точности цифрового плана горно-геологического прогноза выемочного участка и построенной геоинформационной модели горного массива по лаве 66–09, показала, что размещение объектов геотехнологии в геоинформационной модели выполняется с достаточной точностью, а горный массив в цифровом виде представлен с недостаточной точностью. Необходимо для повышения точности геоинформационной модели продолжить исследования по созданию методов прогноза трещиноватости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по геологическим работам на угольных месторождениях Российской Федерации. СПб, 1993. 147 с.
2. ГОСТ Р ИСО 5725–1–2002. «Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения». 33 с.
3. Зыков В. С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах. Кемерово, 2010. 334 с.
4. Зыков В. С. Техногенная геодинамика. Учебное пособие. Кемерово, 2006. 226 с.
5. Игнатов Ю. М., Калинин С. И., Роут Г. Н., Гагарин А. А. Анализ результатов оценки устойчивости кровли пласта для совершенствования методики горно-геологического прогноза выемочного участка // Вестник Научного центра ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности. 2022. № 2. С. 30–40.

6. Механика горных пород и устойчивость выработок шахт Кузбасса. Кемерово, 1973. 348 с.
7. Борисов А. А. Механика горных пород и массивов. М.: Недра, 1980. 360 с.
8. Отчёт по научно-исследовательской работе «Научное сопровождение отработки запасов выемочного столба 66–09 Шахта «Талдинская-Западная-1». Кемерово: ИПЭБ, 2018. 159 с.
9. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Ленинград: ВНИМИ, 1986. 222 с.
10. Временные указания по управлению горным давлением в очистных забоях на пластах мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. Ленинград: ВНИМИ, 1982. 136 с.
11. Гелескул М. Н., Каретников В. Н. Справочник по креплению капитальных и подготовительных горных выработок. М.: Недра, 1982. 479 с.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2023.45.78.001

UDC 622.1:744:004.92

© Yu. M. Ignatov, G. N. Routh, I. L. Kharitonov, M. Y. Ignatov, 2023

**Yu. M. IGNATOV**

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

**G. N. ROUTH**

Candidate of Engineering Sciences, Assosaiate Professor  
T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo  
e-mail: routgn@kuzstu

**I. L. KHARITONOV**

Candidate of Technical Sciences,  
Head of the Technical Department of JSC "SUEK-Kuzbass"  
e-mail: kharitonovil@rambler.ru

**M. Yu. IGNATOV**

Head of the VET  
LLC «EkoStroy LC», Kemerovo  
e-mail: ignatov1980@mail.ru

**METHOD OF ZONING OF A MOUNTAIN MASSIF BY THE FACTOR OF GEOLOGICAL CONDITIONS**

*The article presents the developed method for assessing the variability of the properties of a mountain range with the division into zones of geological conditions in geoinformation modeling for controlling the geomechanical state of rocks in order to ensure the safety of mining operations.*

*The geomechanical and lithological characteristics of the roof, calculated from the data of exploration wells, are taken as the main indicators of the properties of the mountain massif, for the coal seam under consideration.*

*The experience of placing objects of geotechnology and properties of a mountain range in digital form in a geoinformation model is given, and methods of working with electronic tables of databases related to graphical display tools and spatial analysis functions are used.*

*The influence of the accuracy of digital models in the space of the mine field on the reliability of determining the controllability of the roof in the treatment face was investigated. The excavation column*

*of face 66-09 was divided according to the stability of the roof of the coal seam into zones, which were obtained using a geoinformation model.*

Keywords: CONTROLLABILITY OF THE GEOMECHANICAL STATE OF ROCKS, SPATIAL INFORMATION, GEOINFORMATIONAL MODELING

#### REFERENCE

1. Instructions for geological work on coal deposits of the Russian Federation. St. Petersburg, 1993. 147 p.
2. GOST R ISO 5725-1-2002 «№Accuracy (correctness and precision) of measurement methods and results». Part 1. «Basic provisions and definitions». 33 p.
3. Zykov V. S. Sudden emissions of coal and gas and other gas dynamic phenomena in mines. Kemerovo, 2010. 334 p.
4. Zykov V. S. Technogenic geodynamics. Study guide. Kemerovo, 2006. 226 p.
5. Ignatov Yu. M., Kalinin S. I., Routh G. N., Gagarin A. A. Analysis of the results of assessing the stability of the roof of the formation for improving the methodology of mining and geological forecast of the excavation site // Bulletin of the VostNII Scientific Center for Industrial and Environmental Safety [Vestnik Nauchnogo centra VostNII po promyshlennoj i ekologicheskoj bezopasnosti]. 2022. No. 2. P. 30–40.
6. Mechanics of rocks and stability of mine workings in Kuzbass. Kemerovo, 1973. 348 p.
7. Borisov A. A. Mechanics of rocks and massifs. M.: Nedra, 1980. 360 p.
8. Report on research work «Scientific support of mining of the dredging column 66-09 Mine «Taldinskaya-Zapadnaya-1». Kemerovo: IPEB, 2018. 159 p.
9. Instructions on the rational location, protection and maintenance of mine workings in the coal mines of the USSR. Leningrad: VNIMI, 1986. 222 p.
10. Temporary guidelines for the management of rock pressure in treatment faces on formations with a capacity of up to 3,5 m with a drop angle of up to 35°. Leningrad, VNIMI, 1982. 136 p.
11. Geleskul M. N., Karetnikov V. N. Handbook of fastening of capital and preparatory mining workings. M.: Subsoil, 1982. 479 p.