

**А.А. Просветова, А.Д. Куранов**  
**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗОН,**  
**ОПАСНЫХ ПО ГОРНЫМ УДАРАМ, НА ОСНОВЕ**  
**ПОСТРОЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**  
**РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

*Предложен метод определения опасных по проявлению горных ударов участков рудных месторождений. В его основе лежат результаты исследования напряженного состояния блочной структуры месторождения с использованием численного моделирования. Использование данного метода позволит оценить потенциальный риск ведения горных работ по фактору удароопасности и повысить эффективность принимаемых проектных решений.*

*Ключевые слова: геодинамическая опасность, горные удары, напряженно-деформированное состояние, блочная структура, разломы.*

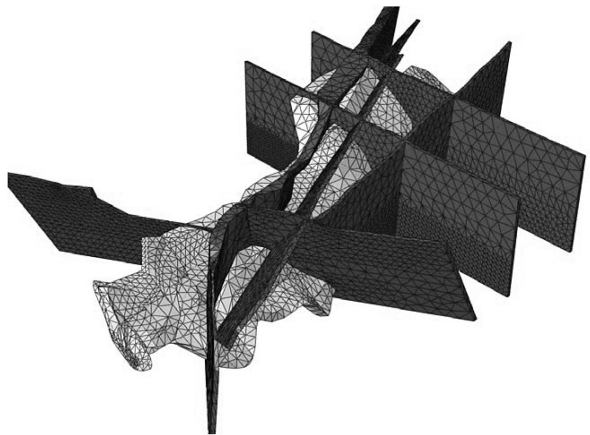
**Н**а современном этапе освоения месторождений существует проблема достоверности исходных данных при принятии решений на стадии проектирования о разработке комплексных мероприятий по отработке геодинамически опасных зон. Решение данной проблемы может осуществляться за счет оценки потенциального риска ведения горных работ в предварительно выявленных геодинамически опасных зонах на основе разработанной геодинамической модели месторождения [1].

Минимальные требования к геодинамической численной модели заключаются в следующем: учет деформационных и прочностных свойств пород; учет геологического строения массива; обоснование граничных условий и исходного поля напряжений; учет взаимодействия между структурными блоками месторождения.

При этом геодинамическая модель базируется на основе геолого-структурной модели месторождения.

В общем случае разработка пространственной конечно-элементной модели включает ряд этапов:

- формирование трехмерной модели массива, вмещающего моделируемое месторождение (рис. 1);
- после формирования трехмерных моделей осуществляется их трансформация в конечно-элементные путем создания сетки конечных элементов;
- далее необходимо установить граничные условия расчета, учитывающие гравитационно-тектоническое поле напряжений.



**Рис. 1. Общий вид модели тектонических нарушений, пересекающих рудное тело**

## Показатель SRF

№	Напряженное состояние	$\sigma_c/\sigma_1$	$\sigma_t/\sigma_1$	SRF
1	Низкие напряжения, в окрестности открытых трещин	> 200	<0,01	2,5
2	Средние напряжения, нормальные условия по напряженному состоянию	200–10	0,01–0,3	1
3	Высокие напряжения в крепких породах, могут быть неустойчивы вертикальные обнажения	10–5	0,3–0,4	0,5–2
4	Умеренное заколообразование пород обнажений	5–3	0,5–0,65	5–9
5	Золообразование и стреляния горных пород через некоторое время после обнажения	3–2	0,65–1,0	9–15
6	Горный удар	<2	>1	15–20

Разработанная модель по описанному алгоритму позволяет определить значения компонент гравитационно-тектонического поля напряжений в блочном массиве месторождения.

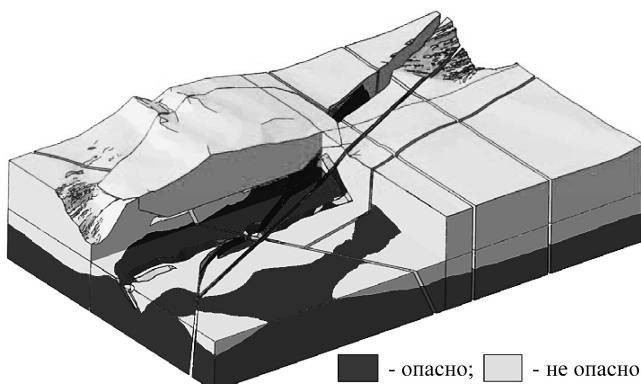


Рис. 2. Результаты определения зон, опасных по проявлению горных ударов

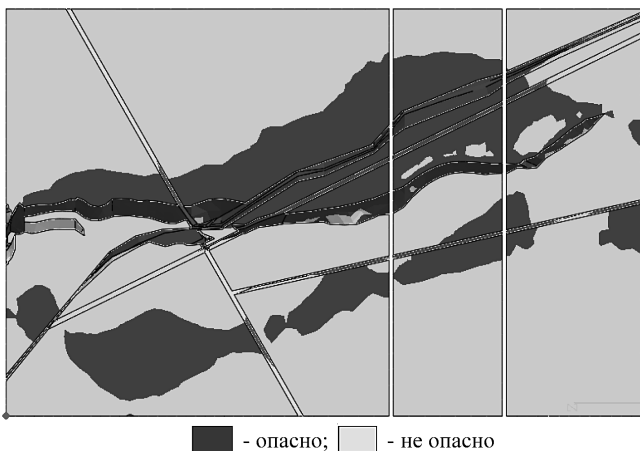


Рис. 3. Результаты определения зон, опасных по проявлению горных ударов, план, Н = 300 м

Наиболее удобно при численном моделировании использование в качестве критерия геодинамической опасности показатель снижения напряжений SRF [2].

На основе данного показателя выделяют зону возможного проявления сильных горных ударов в области высоконапряженных массивов, которая соответствует интервалу значений SRF от 15 до 20, или отношению предела прочности на одноосное сжатие в образце  $\sigma_c$  к максимальным главным напряжениям в массиве  $\sigma_1$ .

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_1} < 2$$

Применительно к описанной выше модели месторождения имеет место следующая последовательность определения зон опасных, по проявлению горных ударов: для определения главных максимальных напряжений в массиве выполня-

няется комплекс расчетов, направленный на установление максимально возможного коэффициента концентрации напряжений для применяемых систем разработки  $K$ . Таким образом, максимальные действующие напряжения в массиве будут составлять  $K\sigma_{1n}$ , где  $\sigma_{1n}$  – главные максимальные напряжения в нетронutom массиве. Следует отметить, что напряжения учитывают наличие зон разломов и тектоническую составляющую поля напряжений. Результаты определения геодинамически опасных зон представлены на рис. 2, 3.

Анализ результатов расчетов показывает, что формирование зон опасных по проявлению горных ударов приурочено к разломам и определенным литотипам пород. При этом, зона

имеет неравномерное распределение, как по глубине, так и в плане. Для рассмотренного примера можно говорить о том, что критической глубиной проявления горных ударов является глубина в 450 м. Однако, уже на глубине 300 м (рис. 3) прослеживается локализация зоны строго по главному разлому месторождения вдоль рудной залежи. В вертикальном разрезе можно также отметить подобный характер формирования зоны геодинамической опасности. Таким образом, геодинамическая модель обеспечивает повышение эффективности принимаемых проектных решений по разработке удароопасных месторождений, что позволяет повысить безопасность горных работ.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогноз и предотвращение горных ударов на рудниках / Под ред. И.М. Петухова, А.М. Ильина, К.Н. Трубетского. – М.: Издательство АГН, 1997. – 376 с.

2. Singh B., Goel R.K. Rock Mass Classification: A Practical Approach in Civil Engineering. Elsevier Science; 1 edition (May 19, 1999) The Boulevard, Langford Lane Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK 282 p. **ПЛАТ**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Просветова Анастасия Александровна – аспирант, инженер, e-mail: Stasia\_89@list.ru, Куранов Антон Дмитриевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: kuranov555@mail.ru, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный».

---

UDC 551.24; 624.121

## PREDICTION ZONES DANGEROUS FOR THE EMERGENCE OF ROCK BUMPS BASED ON THE CONSTRUCTION OF GEODYNAMIC MODELS OF ORE DEPOSITS

Prosvetova A.A.<sup>1</sup>, Graduate Student, Engineer, e-mail: Stasia\_89@list.ru, Kuranov A.D.<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, e-mail: kuranov555@mail.ru, <sup>1</sup> National Mineral Resource University «University of Mines», 199106, Saint-Petersburg, Russia.

---

*In this article the method for determining the appearance of dangerous rock bumps areas of ore deposits was proposed. It is based on the results of the study stress state of the block structure of the deposit using numerical simulation. Using this method allows to evaluate the potential risk of mining operations by a factor of rock-bump hazard and increase the effectiveness of the design decisions.*

*Key words: geodynamic hazard, rock bump, stress-strain state, block structure, faults.*

## REFERENCES

1. *Prognoz i predotvrazhchenie gornykh udarov na rudnikakh*. Pod red. I.M. Petukhova, A.M. Il'ina, K.N. Trubetskogo (Прогноз и предотвращение горных ударов на рудниках. Петухов И.М., Ильин А.М., Трубетский К.Н. (Eds.)), Moscow, Izdatel'stvo AGN, 1997, 376 p.

2. Singh B., Goel R.K. *Rock Mass Classification: A Practical Approach in Civil Engineering*. Elsevier Science; 1 edition (May 19, 1999) The Boulevard, Langford Lane Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK 282 p.