

УДК 551.2:550.834:622.8

**И.В. Головки, А.С. Батугин**

**ОЦЕНКА ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РИСКА  
ПРИ ЗАТОПЛЕНИИ ШАХТ  
(НА ПРИМЕРЕ Ш. АНЖЕРСКАЯ)**

*Рассмотрен подход к оценке условий возникновения техногенных землетрясений при затоплении шахт. В качестве примера составлена схема районирования поля шахты «Анжерская» в Кузбассе по степени геодинамического риска.*

*Ключевые слова: затопление шахт, техногенные землетрясения, оценка геодинамического риска.*

**В** связи с массовым закрытием нерентабельных шахт методом затопления, в большинстве горнопромышленных районов негативному воздействию подвергаются все геосистемы природной среды района ликвидируемой шахты. Разрушающему воздействию подвергается атмосфера, ландшафт, водная и социально-экологическая системы [1]. Одним из неожиданных и трудно прогнозируемых последствий при затоплении шахт являются геодинамические события, в том числе техногенные землетрясения.

Землетрясения при затоплении горных предприятий имеют широкую географию и были отмечены в России (Кузбасс, Восточный Донбасс, и др.), в Чехии (шахты Пршибрама), Индии (рудник «Чемпион Риф»), США, т.е. можно говорить о том, что это явление имеет глобальный характер [2]. Условия возникновения геодинамических явлений при затоплении шахт и их механизм частично изучены [3], однако процесс возникновения сейсмических событий сложный, многофакторный, имеет большую степень неопределенности.

В этих условиях, когда невозможно дать однозначный ответ о воздей-

ствии на человека и окружающую среду различных факторов, перспективным методом для оценки геодинамических событий может выступать метод риск-анализа [4, 5]. Количественные подходы к определению геодинамического риска  $R_{гд}$ , как меры геодинамической опасности, в основном основаны на оценке последствий негативных событий через величину потенциального ущерба  $У$ :

$$R_{гд} = P \cdot Ч \cdot У,$$

где  $P$  - вероятность возникновения неблагоприятного события.

Основным препятствием на пути оценки риска горно-тектонических ударов и техногенных землетрясений является трудность оценки вероятности геодинамического события. Это связано с низкой представительностью статистических данных, поскольку крупные геодинамические явления при затоплении шахт происходят редко, но могут иметь при этом серьезные экономические и экологические последствия. Поэтому для районов затопления шахт представляется перспективным составлять карты потенциального геодинамического риска на основе анализа геодинамического состояния массива.

Предлагаемый подход основан на представлениях о механизме техногенных землетрясений, возникающих при затоплении шахт [3]. Этот механизм кратко заключается в следующем. При поднятии уровня воды в шахте между крыльями тектонических нарушений возникает гидравлический распор, что приводит к снижению их нормального сжатия. В результате трение между крыльями уменьшается и становится возможной их внезапная подвижка под действием касательных напряжений.

Т.е. опасность внезапных смещений возникает, когда сдвигающие силы превысят удерживающие.

Обозначим соотношение сдвигающих сил на сместителе нарушения ( $\tau_{сдв}$ ) к силе трения ( $\tau_{тр} =$ ) коэффициентом  $K = \tau_{сдв} / \tau_{тр}$ .

Для оценки величины  $K$  необходимо знать коэффициент трения по плоскому сместителю  $k$ , отношения величин главных напряжений ( $A, \mu_\sigma$ ) и ориентировку сместителя в пространстве ( $n_{1,2,3}$ ) [7]:

$$K = f(k, A, \mu_\sigma, n_{1,2,3}),$$

где  $A = \sigma_1 / \sigma_3$ ;

$$\mu_\sigma = 2 \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\sigma_2 - \sigma_1} - 1 - \text{коэффициент Лодэ-Надаи};$$

$n_{1,2,3}$  – направляющие косинусы нормали к сместителю в системе координат  $\sigma_{1,2,3}$ .

Как правило, тектоническое строение закрываемой шахты изучено достаточно детально и необходимые данные об ориентировке нарушений и морфологии их сместителей можно получить из анализа горно-графической документации. Величины  $A$  и  $\mu_\sigma$  можно оценить по материалам геодинамического районирования.

Примем, что опасность внезапных смещений крыльев нарушений возникает, когда сдвигающие силы превысят силу трения по сместителю, т.е.

при  $K > 1$ . В этом случае смещению крыльев нарушения будет препятствовать вмещающий массив горных пород, прочность которого ослаблена наличием старых горных выработок. При затоплении шахты значение  $K$  для нарушений определенной ориентировки может стать больше некоторой величины  $n$ , при которой превышение сдвигающих сил над силами трения для них будет настолько значительным, что прочность массива будет превышена и произойдет смещение по сместителю нарушения.

Таким образом, территорию шахтного поля можем разделить на три вида участков: с  $K < 1$ ;  $1 < K < n$ ;  $K > n$ . Тогда, принимая тектонические нарушения как главный фактор опасности, на территории шахтного можем выделить участки с вероятностью возникновения внезапной подвижки по нарушениям 0; 0-1; 1 соответственно. Возможный ущерб от геодинамического события может быть оценен при этом по методикам оценки сейсмического риска.

Рассмотрим предлагаемый подход на примере поля шахты Анжерская в Кузбассе.

На поле шахты горными работами были вскрыты продольные взбросы, поперечные сдвиги и несогласные взбросы. Сместители нарушений ровные, имели зеркала скольжения. Примем для них коэффициент трения  $k = \text{tg}10$ . Исходя из оценок прочности нарушенного массива [3] примем  $n = 2,5$ . То есть, для тех нарушений, для которых выполняется условие  $K = \tau_{сдв} / \tau_{тр} > 2,5$  принимаем вероятность возникновения внезапной подвижки равной  $P = 1$ . Расчетные величины  $K$  и  $P$  приведены в таблице. По карте тектонического строения шахтного поля с учетом данных таблицы построим карту потенциального геодинамического риска, рисунок.

**Оценочные значения  $R$  для крупных дизъюнктивов шахты «Анжерская» при подъеме воды на 200 м**

Нарушение (дизъюнктив)	Элементы залегания		$K_1$	$P$
	Азимут падения, °	Угол падения, °		
поперечные сдвиги	25-32	70-80	>2,5	1
взбросы несогласные	240	70	0,8	0
взбросы согласные	280	45	1-2	0-1



**Схема районирования шахтных полей по степени геодинамического риска:** 1, 2, 3 – соответственно зоны высокого, среднего и низкого риска возникновения геодинамических явлений при затоплении шахты; 4 – стволы шахт; 5 – тектонические нарушения

Как видно из рисунка, на поле шахты выделяются зоны с различной вероятностью возникновения геодинамического события, что с учетом

возможного ущерба от землетрясения может быть трансформировано в карту потенциального геодинамического риска.

*Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, ГК № П1406*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головки И.В. Оценка уровня экологического состояния на территориях ликвидируемых шахт на основе анализа экологических рисков // ГИАБ, 2006, №9, с.175-178.
2. Головки И.В. К оценке вероятности редких геодинамических событий при затоплении шахт ИПКОН.
3. Батугин А.С. К механизму землетрясения 25.04.97 и 27.04.97 на севере Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2006. № 2, с.185-189.
4. Козырев А.А., Панин В.И., Савченко С.Н. Геомеханические исследования и обоснования при ведении горных работ на Кольском полуострове.
5. Батугин А.С., Головки И.В. Оценка геодинамического риска при ликвидации шахт / Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах и выработках. Материалы XXI Международной научной школы им. академика С.А. Христиановича. Крым, Алушта, 21-27 сентября 2009 г. - Симферополь: Таврич. нац. ун-т.-2009.- С. 37 - 39.
6. Батугин А.С. Закономерности пространственного изменения геодинамической опасности // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2007, № 12, с. 36-43.
7. Батугин А.С., Климанова В.Г. Затопление ликвидируемых шахт как возможная причина техногенных землетрясений в горно-промышленных районах // ГИАБ, 2002, с. 181-184. **ГИАБ**

#### Коротко об авторах

Батугин А.С. – кандидат технических наук, доцент;  
 Головки И.В. –  
 Московский государственный горный университет  
 Moscow State Mining University



#### ДИССЕРТАЦИИ

##### ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
<b>УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ</b>			
ВОЛКОВ Сергей Александрович	Исследование и разработка шахтных газоотсасывающих вентиляторов повышенной аэродинамической нагруженности	05.05.06	к.т.н.