© С.В. Сластунов, Г.Н. Фейт, 2007

УДК 502/504

С.В. Сластунов, Г.Н. Фейт

ОЦЕНКА РИСКА ОПАСНЫХ ТЕХНОПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ЗОНЕ ВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ

Природные и техноприродные процессы и явления, происходящие в зоне ведения горных работ имеют широкий спектр происхождения, связанный с разнообразием горногеологических условий разработки полезных ископаемых и применяемыми технологиями ведения горных работ.

Наибольшую опасность представляют следующие техноприродные про-цессы и явления, происходящие в зоне ведения горных работ:

- геодинамические и газодинамические процессы и явления типа горных ударов и внезапных выбросов породы (угля) и газа;
- горнотектонические удары и наведенные техногенные землетрясения;
- выделения метана, углекислого газа и других газов из горных выработок, выработанных пространств и массивов горных пород;
- обрушения пород в шахтах и рудниках, осадки земной поверхности;
- эндогенные пожары в шахтах, горение терриконов и отвалов;
- подтопление поверхности грунтовыми водами, затопление шахт, рудников и горных выработок;
- геокриологические опасности, связанные протаиванием грунтов и горных пород в зоне ведения горных работ;
- оползни бортов карьеров.

Защита окружающей среды согласно общепринятым представлениям и соответствующим нормативным документам предполагает защиту всех трех составных частей окружающей среды – атмосферы, гидросферы и литосферы. Особенностью защиты окружающей среды в зоне ведения горных работ является то, что здесь необходимо осуществлять мониторинг и управлять безопасностью сложной природно-технической системы, включающей литосферу (массив горных пород) – атмосферу-гидросферу и техногенное воздействие.

Следовательно, особенность и основная трудность защиты окружающей среды в зоне ведения горных работ при добыче полезных ископаемых заключается в том, что во-первых, необходимо защищать одновременно и комплексно все три составляющие окружающей среды массив горных пород – атмосферу гидросферу; во-вторых, следует учитывать, что вся система массив горных пород – атмосфера - гидросфера в зоне ведения горных работ находится в тесной взаимосвязи, то есть следует учитывать эффекты взаимодействия и обратной связи протекания всех трех процессов в недрах, атмосфере и гидросфере и, в-третьих, в зоне ведения горных работ вся окружающая среда и в первую очередь массив горных пород испытывают колоссальное техногенное воздействие, которое отличается большим разнообразием, завися от технологии ведения горных работ.

Таким образом, защита окружающей среды в зоне ведения горных работ – это управление безопасностью природно-технической геосистемы: недра (массив горных пород), атмос-фера, гидросфера, техногенное воздействие с целью предотвращения опасных для человека и окружающей природной среды природно-техно-генных процессов.

Проблема защиты недр и окружающей среды при добыче полезных ископаемых для России особенно важна, так как она входит в первую тройку мировых держав по запасам и добыче всех основных полезных ископаемых (газа, нефти, угля, руды). При этом не редко происходит нещадная эксплуатация наших недр, в том числе для других стран на экспорт.

Здесь уместно также отметить, что значительная часть современных шахт и рудников опасны по таким газодинамическим и геодинамическим явлениям, как внезапные выбросы угля (породы) и газа и горным ударам, существенная часть территории России относится к сейсмически опасной, а более половины территории относится к зонам вечной мерзлоты, что выдвигает особые, дополнительные требования к решению проблем защиты окружающей среды в этих районах.

Методология количественной оценки техноприродного риска для конкретных отраслей промышленности в настоящее время находится еще на стадии разработки и становления. Для горной промышленности, несмотря на актуальность проблемы инженерной защиты окружающей среды, нормативных методов количественной оценки техноприродных рисков в зоне ведения горных работ также еще не разработано, что отчасти объясняется и сложностью проблемы.

Методологию количественной оценки техноприродных рисков в зоне ведения горных работ, на основе выполненного анализа и с учетом современных исследований [1], можно представить состоящей из следующих последовательно выполняемых действий:

1) идентификации (выявления) и прогнозирования развития во времени и пространстве техноприродных опасностей в пределах оцениваемого объекта (шахтного поля, горизонта, горной выработки);

2) оценки уязвимости объекта для этой опасности;

3) установлении (расчету) в количественном виде возможных потерь объекта для всех случаев реализации опасности с определенной интенсивностью (разрушительной силы) и вероятностью (частотой) проявления за определенный промежуток времени в пределах определенной по площади территории (объекта);

4) управлении техноприродным риском.

Мерой оценки вероятностей наступления вредных воздействий, в результате которых могут произойти изменения в окружающей среде или нарушены жизнедеятельность человека, общества и окружающей среды является риск. Понятие риск в современной научно-технической литературе и нормативных документах [1, 2] имеет двухмерное толкование и объединяет в себе, как меру вероятности неблагоприятного события, так и меру ущерба от реализации это события. Следует отметить, что основной проблемой в определении риска опасных техноприродных процессов в зоне ведения горных работ является определение вероятности и разрушительной силы их проявления. Оценка экономического ущерба при наличии такой информации не представляет трудностей и нами на данном этапе не рассматривается.

Необходимо отметить, что выбор метода оценки риска опасных техноприродных процессов в зоне ведения горных работ должен определяться в первую очередь типом решаемой задачи и соответствующим необходимым уровнем надежности принятия решений. Так, например, если качественные и полуколичественные методы экспертных оценок типа метода Делфи еще могут быть использованы при оценке риска повреждения площадей земельных угодий, то они совершенно не допустимы при оценке риска нарушения окружающей геосреды в окрестности действующих горных выработок (риск газодинамических и геодинамических явлений) или на поверхности земли при оценке риска осадок земельной поверхности в зоне промышленных и гражданских застроек. В этих случаях необходимо применять только количественные и в крайних случаях полуколичественные методы оценки риска.

Принципиальная возможность разработки и применения таких методов существует, рассмотрим ее на примере оценки риска (вероятности) газодинамических и геодинамических явлений в шахтах. Оценка риска газодинамических и геодинамических явлений в шахтах типа внезапных выбросов угля (породы) и газа и горных ударов может быть осуществлена на основе применения метода оценки опасности геодинамических и газодинамических явлений по геоэнергии массива [3].

В соответствии с принятой в этом методе физической моделью внезапные выбросы или горные удары возникают при выполнении условия потери устойчивости краевой зоной массива, прилегающей к горной выработке и возникновения в нем лавинного самоподдерживающегося разрушения за счет мгновенного высвобождения (сброса) упругой энергии горных пород и газа, которое может быть определено следующим комплексным критерием, характеризующим состояние природно-технической системы:

$$B = (\alpha_1 W_П + \alpha_2 W_Г) \cdot \frac{l_0}{l_k},$$

где $W_П$ – энергия горного давления (упругого восстановления горных пород), МДж/м^3; $W_Г$ – эффективная энергия газа, принимающего участие в динамическом явлении, МДж/м^3; l_0 - сменное подвигание забоя или глубина заходки при выемке, м; l_k - величина зоны разгрузки в призабойной (краевой) части массива, м; α_1 и α_2 - эмпирические коэффициенты, учитывающие энергоемкость разрушения и диссипацию энергии.

При значении критерия $B \geq 1$ массив горных пород (забой, область обнажения массива горной выработкой) опасен по динамическим явлениям, если B<1 не опасен.

Для определения геомеханической энергии ($W_П$, $W_Г$) и опасности угольных пластов или породных массивов по внезапным выбросам и горным ударам используются данные геологоразведки (газоносность, глубина залегания, петрографический состав, выход летучих, данные кавернометрии и др.), связанные экспериментально установленными эмпирическими зависимостями с физико-механическими свойствами (прочностью, модулем упругости, коэф. газоотдачи и др.) угля и пород и данные текущего прогноза (прочностные и упругие свойства угля и пород, величина зоны разгрузки) опасности внезапных выбросов и горных ударов в горных выработках.

Оценка риска (вероятности) горных ударов и внезапных выбросов может быть выполнена на основе определения

критерия В и исходя из принимаемого нами условия, что вероятности возникновения геодинамического или газодинамического явления в призабойной области массива будет соответствовать вероятность достижения критерием В критического значения B_*. Тогда вероятность динамического явления будет:

$X = 1 - X_B$,

где X_B - вероятность нахождения в интервале $(0 - B_*)$ случайно величины В, то есть вероятность того, что динамическое явление не произойдет.

Значение X_B при нормальном законе распределения может быть определено из выражения:

$$X_B(0<B<B_*) = \Phi\left(\frac{B_* - \overline{B}}{\sum}\right) - \Phi\left(\frac{0 - \overline{B}}{\sum}\right),$$

где Ф – нормированная функция Лапласа, численные значения которой приведены в соответствующих таблицах; $\overline{B}$ - среднее значение показателя для участка или шахтопласта; $\sum$ - стандарт, $\sum \overline{B}\, \nu_B$ здесь ν_B - коэффициент вариации показателя В для участка или шахтопласта.

Приведенное здесь решение вероятностной оценки риска внезапных выбросов и горных ударов показывает принципиальную возможность давать количественную оценку степени опасности геодинамических и газодинамических явлений в зоне ведения горных работ с учетом природных и техногенных факторов, а также вырабатывать рекомендации по управлению геоэнергетическим состоянием массива с целью предотвращения или снижения риска этих явлений.

Необходимо развивать аналогичные исследования по созданию вероятностных методов оценки риска других опасных техноприродных процессов в зоне ведения горных работ и приступить к созданию автоматизированной системы мониторинга и управления риском опасных техноприродных процессов, которая должна быть обязательной составной частью современных технологий ведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Оценка* и управление природными рисками: Материалы Всероссийской конференции «Риск 2006». - М.: Изд-во РУДН, 2006. - 351 с.
2. *Методические* указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (РД 03-418-01). Госгортехнадзор России, 2004. - 40 с.
3. *Фейт Г.Н., Малинникова О.Н., Зыков В.С., Рудаков В.А.* Прогноз опасности внезапных выбросов и горных ударов по энергии массива.//ФТПРПИ.-2002, N1, с. 67-70.

Коротко об авторах

Сластунов Сергей Викторович – профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой «Инженерная защита окружающей среды», проректор,

Фейт Г.Н. – доктор технических наук, профессор кафедры «Инженерная защита окружающей среды»,

Московский государственный горный университет.