

Управление геодинамическими рисками при ведении горных работ в геодинамически активных районах

Панин В.И., Козырев А.А.

Горный институт, Кольский научный центр, г. Апатиты Мурманской обл., e-mail: trout@goi.rolasc.net.ru

При ведении горных работ в геодинамически активных районах одной из главных проблем в обеспечении безопасности является техногенная сейсмичность. Наиболее характерны в этом отношении Хибинский и Ловозерский массивы на Кольском полуострове [1].

Кстати, проблема техногенной сейсмичности при разработке месторождений полезных ископаемых остается актуальной для многих горнодобывающих районов мира, в том числе и для России. При этом, как показали результаты Шестого международного симпозиума по горным ударам и сейсмичности в рудниках (9–11 марта 2005 г., Австралия) [2], несмотря на широкие исследования в этой области и достигнутые успехи, особенно в методике и технике регистрации динамических явлений в рудниках, острота этой проблемы не уменьшается. Большинство исследователей объясняют эту ситуацию сложностью самого динамического явления и разнообразием горногеологических условий месторождений полезных ископаемых.

Между тем при решении проблемы шахтной техногенной сейсмичности часто используют модели и методические подходы, применяемые в сейсмологии, поскольку динамические явления в рудниках и техногенные землетрясения имеют единую физическую природу [3]. В то же время в современной сейсмологии четко обозначился кризис, обусловленный невозможностью краткосрочного прогноза землетрясений. Поэтому «Постепенно во всем мире работы по прогнозу землетрясений свертываются, прекращается финансирование как теоретических исследований, так и наблюдений на геодинамических полигонах, а высвобождающиеся научные силы переключаются на более надежные работы по оценке сейсмического риска и сейсмическому районированию, что ставит своей конечной целью определение, с каким запасом прочности надо строить сооружения в сейсмоактивных районах» [4, стр.78]. Такой подход позволит сейсмологам сосредоточить внимание на решаемых задачах.

Ранее нами была предложена и обоснована модель формирования и реализации динамических явлений в горнорудной природно-технической системе [3], которая может быть положена в основу стратегии борьбы с геодинамическими явлениями. Модель демонстрирует принципиальные ограничения возможности прогноза эволюции сложных нелинейных динамических систем [5], что подтверждается результатами исследований в методологии познания [6,7]. Эта же модель является основанием для постановки задачи управления геодинамическими рисками при ведении горных работ, ибо, как отмечает академик В.И.Осипов: «В большей степени поддаются управлению техноприродные опасности, поскольку они иницируются человеком» [9, стр.682]. Геодинамические риски есть мера техноприродной опасности при разработке месторождений полезных ископаемых.

Несмотря на отсутствие общепринятой методики и использование при расчетах большого количества допущений, расчет риска и его ожидаемая величина является важным инструментом для оценки техноэкономической эффективности и безопасности горных работ. С позиций ожидаемого риска представляется целесообразным классифицировать динамические явления в рудниках.

Хотя проблема техногенной сейсмичности и имеет солидный возраст, здесь еще не сформировалась общепринятая классификация динамических явлений в рудниках, и нередко одинаковые события идентифицируются различными терминами. Общепризнанной является единая физическая природа всех динамических явлений в рудниках – от шелушения и стреляния пород на контуре горных выработок до техногенных землетрясений, поэтому в большинстве классификаций геодинамических явлений в рудниках в качестве главного определяющего признака используется энергия динамического события [3], которая в конечном итоге определяет величину риска от этого события.

По аналогии с основными стадиями возникновения и развития опасных производственных ситуаций [9] в таблице приведена классификация динамических явлений на апатитовых рудниках [10], которая может быть полезной для оценки геодинамической обстановки.

Таблица. Классификация геодинамических явлений в рудниках

Наименование геодинамического явления	Этап развития опасной ситуации	Сущность процесса	Уровень геодинамического риска
Шелушение стреляние, динамическое заколообразование	Угроза	Постепенное разрушение породы на поверхности выработки на отдельные пластинки, из-за отслоения которых места шелушения всегда выглядят «свежими»; отскакивание с обнажений выработки пластин пород различных размеров со звуком, напоминающим выстрел; стреляние с постепенным прорастанием трещин в течение длительного времени, образующиеся пластины повторяют по форме контур выработки.	Низкий
Микроудар	Инцидент	Мгновенное хрупкое разрушение целика или части массива горных пород с выбросом породы в горные выработки без нарушения технологического процесса и травмирования людей.	Низкий
Горный удар	Авария	Мгновенное хрупкое разрушение целика или части массива пород с выбросом породы в горные выработки с нарушением крепи, повреждением машин и механизмов и нарушением технологического процесса.	Средний
Горно-тектонический удар (техногенное землетрясение)	Катастрофа	Мгновенная подвижка крупного блока пород по тектоническому нарушению или прорастание значительной трещины в массиве с образованием оперяющих трещин, сопровождаемых серией горных ударов и микроударов, разрушением выработок и крепи на больших площадях, нарушением или остановкой технологического процесса, образованием пылевого облака и воздушной волны, резким звуком или гулом.	Высокий

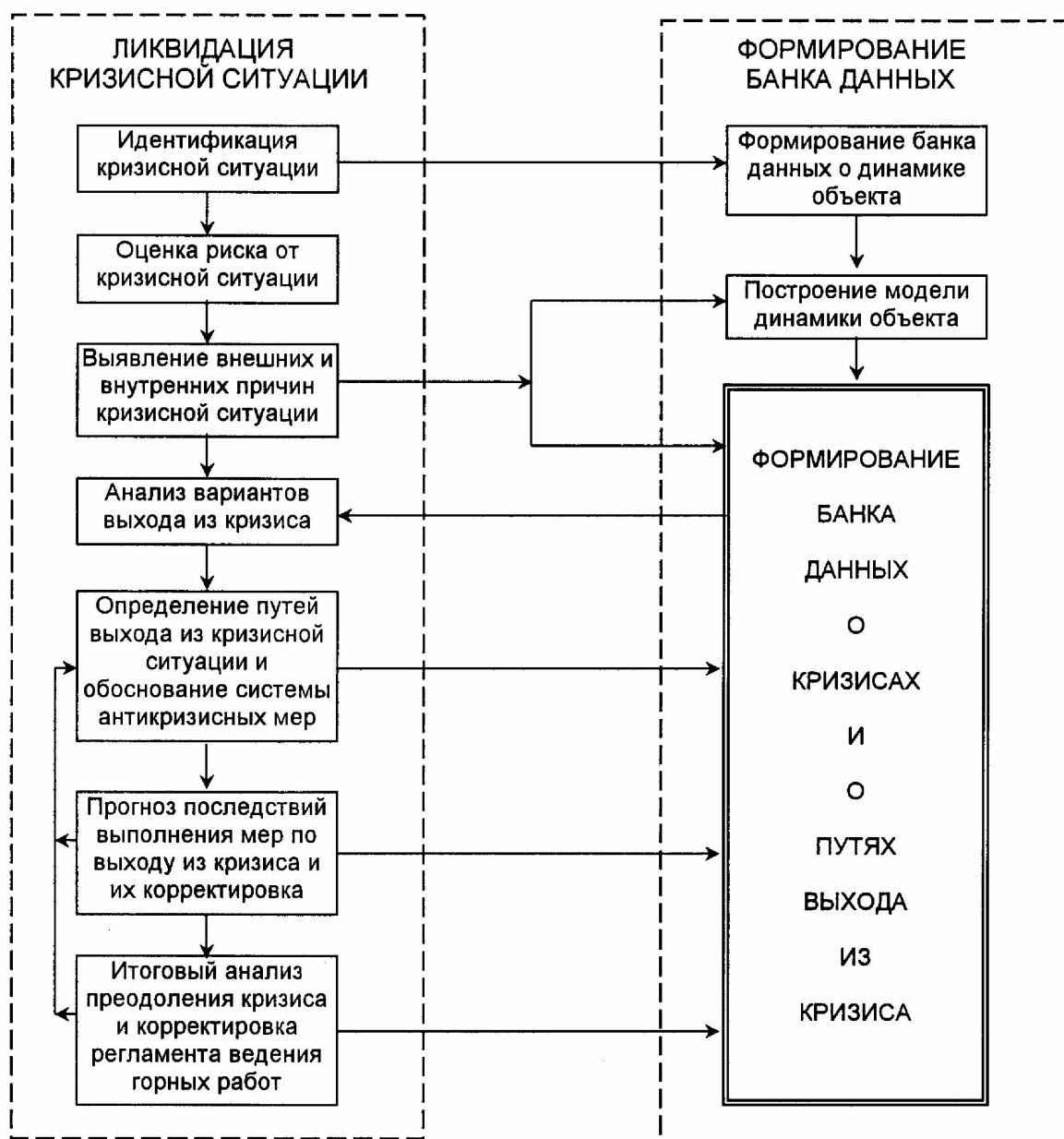
Таким образом уровень геодинамического риска варьирует в широких пределах и им необходимо управлять, как и всеми рисками во всех жизненных ситуациях. Управление геодинамическими рисками в рудниках аналогично управлению любыми рисками и сводится к прогнозу критической ситуации или к определению уровня геодинамической опасности (вероятности реализации динамического явления), к оценке возможного ущерба от этого явления и применению соответствующих профилактических мероприятий.

Прогноз критических состояний основан на анализе геологии и тектоники района ведения горных работ, предварительной оценке соответствующими расчетными методами размеров энергонасыщенных (высоконапряженных) зон в геологической среде и организации геодинамического мониторинга этих зон. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что наиболее информативными прогностическими предвестниками пространственно-временных координат критического состояния геологической среды являются параметры сейсмоакустического режима и процессов деформирования пород в массиве.

Основные цели профилактических мероприятий заключаются в увеличении адаптационного ресурса природно-технической системы (ПТС) и в контролируемом выводе энергонасыщенных участков из критического состояния. Первая цель достигается оптимальным планированием порядка ведения горных работ и основных технологических процессов, главным образом периодичности взрывных работ при очистной отбойке. Вывод участка геологической среды из критического состояния достигается комплексом организационных и технологических мероприятий: остановкой горных работ на участке и его «отстоем», применением различного рода разгрузочных мероприятий, результативность которых также проверяется экспериментальными некоторыми методами геодинамического мониторинга.

Как показывает опыт, по причине неоднородности состава и строения горных пород в массиве, неполной геомеханической и геологической информации, вынужденных (ситуативных) отступ-

лений от проекта горных работ в руднике периодически возникают кризисные ситуации, сопровождаемые внезапными разрушениями горных выработок, в том числе и по причине динамических явлений в массиве пород. Следует заметить, что любой кризис есть нарушение прежнего равновесия системы и переход ее в новое устойчивое состояние. Поэтому с точки зрения теории эволюции ПТС периодические кризисы сопровождают любую развивающуюся систему. Однако в производственном процессе любой кризис является крайне нежелательным явлением и подлежат незамедлительному устранению. Поскольку все кризисные ситуации развиваются по универсальной модели, то и ликвидацию этих ситуаций следует осуществлять также по типовому алгоритму [11] (См.рис.).



В первую очередь осуществляют идентификацию кризисной ситуации (определение типа разрушения, мощности динамического явления и т.д.) и оценивают величину риска от этого явления для всего технологического процесса по формуле: $R = P \cdot D$, где P – вероятность реализации динамического события или коэффициент геодинамической опасности; D – суммарный ущерб от этого события.

Вероятность реализации динамического события оценивают по имеющейся на предприятии соответствующей статистике или по данным геодинамического мониторинга.

Суммарный ущерб определяют по формуле: $D = (D_1 + D_2 + D_3 + D_4)$, где: $D_1 = P_1 \cdot C_1 \cdot K \cdot n$ – ущерб от травмирования рабочих: P_1 – вероятность присутствия рабочих на участке реализации динамического явления, K – коэффициент тяжести несчастного случая ($K_{\max} = 1$ при летальном исходе); n – число пострадавших рабочих; C_1 – стоимость человеческой жизни (существуют различные методики оценки стоимости человеческой жизни: в развитых странах стоимость жизни варьирует от 2.8 (Англия) до 7.6 (Япония) млн. долл. США [8], смертельный случай на рудниках Норильска обходится в 11000 тыс. руб. [12]); D_2 – затраты на ремонт поврежденного оборудования и восстановления горных выработок; D_3 – потери за счет простоя горного участка или рудника; D_4 – стоимость потерянных запасов по причине динамического явления.

Если риск оказывается неприемлемым, выявляются причины возникшей ситуации и определяются пути ее ликвидации. В достаточно простых случаях и при значительном опыте инженерно-технических работников многие из приведенных в алгоритме процедур выполняются интуитивно. Однако в более сложных случаях, действуя по приведенному алгоритму можно сформировать базы данных и знаний о кризисных ситуациях в руднике, что существенно облегчит выход из этих ситуаций.

Следует заметить, что универсальность базовой модели определяет и универсальность алгоритма выхода из критических ситуаций, то есть этот алгоритм может быть использован для ликвидации любой критической ситуации не только во всех звеньях производственного процесса, но и в других сферах человеческой деятельности.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 06-05-64681.

Литература

1. Николаева С.Б. Новейшая геодинамика и сейсмичность крупнейших палеозойских массивов Кольского региона (Северо-восточная часть Балтийского щита) // Строение, геодинамика и минералогенические процессы в литосфере. Сыктывкар: Геопринт, 2005. С. 250–252.
2. Sixth International Symposium on Rockburst and Seismicity in Mines Proceedings 9-11 March, Australia. Editors Yves Rotvin and Martin Hudyma. Australian Centre for Geomechanics.
3. Сейсмичность при горных работах. Коллектив авторов. – Апатиты: КНЦ РАН, 2002. – 325 с.
4. Любушин А.А. Геодинамический мониторинг: шумы, сигналы, предвестники // Проблемы геофизики XXI века. – М.: Наука, 2003. Кн.2. С. 70–94.
5. Малинецкий Г.Г., Курдюмов С.П. Нелинейная динамика и проблемы прогноза / Вестник РАН, 2001. Том.71. №3. С.210-232
6. Эдгар Морен Принципы познания сложного в науке XXI века // Вызов познанию: Стратегия развития науки в современном мире. М.: Наука, 2004. С. 7–28. (для книг)
7. Ойзерман Т.И. Возможно ли предвидение отдаленного будущего? / Вестник РАН, 2005. Т.75. № 8. С. 720–726.
8. Осипов В.И. Управление прогнозными рисками / Вестник РАН, 2002. Том 72. №8. С. 678–686.
9. Яковлев В.Л., Могила В.Л., Лобко В.П. Развитие методологии формирования информационных потоков в системе управления промышленной безопасностью горнодобывающих предприятий / Горн.информ.-аналит. бюлл., 2006. № 1. С. 112–118.
10. Указания по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам (Хибинские апатито-нефелиновые месторождения. Открытое акционерное общество «Апатит») Коллектив авторов. Апатиты: КНЦ РАН, 2002. 97 с.
11. Яковец Ю.В. Циклы. Кризисы. Прогнозы. М.: Наука, 1999. 448 с.
12. Катков Н.Н., Полуторный А.В. Затраты предприятия на один несчастный случай с летальным исходом на рудниках Норильска (по методике ВостНИИ) // Горный информ.-аналит. бюлл. М.: МГУ. – 2002. – № 7. С. 28–29.