

ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ  
ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО ХАРАКТЕРА

Пахомов В.П., Рудакова Л.В.

Состояние техногенной опасности внутренне присуще технической системе или промышленному объекту, в том числе горнопромышленному, и может реализовываться в виде поражающих воздействий источника чрезвычайной ситуации (пожара, горных ударов, обрушений и т.д.) на человека, промышленные объекты и окружающую среду при его возникновении.

Для адекватного реагирования на чрезвычайные ситуации горнопромышленного характера авторами внесена необходимая определенность в структуру и количественную меру опасности при возникновении техногенных катастроф, выявлены наиболее разрушительные и часто возникающие в горнопромышленном комплексе аварии и катастрофы.

"Рукотворные" катастрофы составляют в среднем 60% от общего количества катастроф. Сведения, содержащиеся в Государственном докладе МЧС России [1], позволяют проследить за изменением соотношения количества техногенных, природных и биолого-социальных чрезвычайных ситуаций (ЧС) на протяжении длительного промежутка времени (рис. 1).

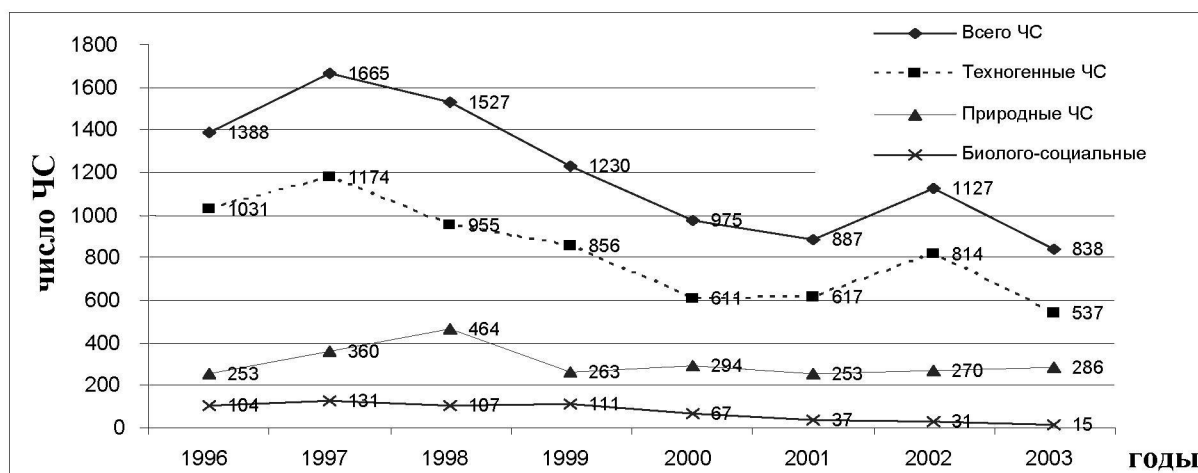


Рис. 1. Динамика чрезвычайных ситуаций

ЧС в промышленности не только возможны и вполне вероятны, но часто неизбежны, при этом катастрофа не всегда является концом системы. Следует отметить катастрофический износ основных фондов, достигающий в ряде отраслей 70 – 80%; постоянство катастрофических событий; увеличение временной и пространственной протяженности техногенных катастроф, превращение катастроф в специфически экстремальный процесс; слабость и неэффективность человека-оператора как звена системы; недостаточную организацию технических систем; мгновенный рост числа участников событий при крупной аварии. Техногенная опасность, таким образом, – это состояние, внутренне присущее технической системе, промышленному или транспортному объек-

ту, реализуемое в виде поражающих воздействий источника техногенной чрезвычайной ситуации на человека и окружающую среду при его возникновении, либо в виде прямого или косвенного ущерба для человека и окружающей среды в процессе нормальной эксплуатации этих объектов [2].

Если катастрофические ситуации могут возникнуть при инициации техногенных аварий природными факторами (разрушение плотин от землетрясений), то, в свою очередь, техногенная деятельность может приводить к иницированию природных катастроф (землетрясения как результат создания подземных полостей при горных работах, провалы поверхности земли), изменений климата и разрушений защитного озонового слоя. Недаром В.И. Вернадский утверждал, что "деятельность человека по последствиям превосходит те тектонические перемещения, которые положены были в основу геологических разделений земного пространства-времени" [3, с. 293]. Вторя ему, Л.Н. Гумилев человеческую деятельность на поверхности планеты по размерам приравнивал к геологическим переворотам малого масштаба [4, с. 288].

К числу наиболее опасных техногенных аварий и катастроф относятся взрывы и пожары (до 60 % по количеству ЧС, до 42% – по числу погибших и до 70% – по числу пострадавших), радиационные и транспортные катастрофы, аварии с выбросом химически опасных веществ, гидродинамические аварии, а также аварии в электроэнергетических системах.

Немалую опасность представляют также предприятия горнопромышленного комплекса. Согласно [5], предприятия или их цехи, участки, площадки, а также иные производственные объекты, на которых ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых, а также работы в подземных условиях, относятся к опасным производственным объектам (ОПО), т.е. все объекты горных работ отнесены к этой категории.

Классификация техногенных аварий и катастроф горнопромышленного характера может быть проведена по следующим признакам:

- 1) по степени тяжести последствий ЧС;
- 2) по масштабам (локальные, местные, территориальные, региональные, федеральные, трансграничные);
- 3) по размерам причиняемого опасным происшествием вреда, выраженного в длительности простоя оборудования;
- 4) по степени опасности потенциально опасных объектов горнопромышленного характера;
- 5) по степени тяжести повреждения здоровья участников ЧС;
- 6) по способам разработки месторождений полезных ископаемых;
- 7) по источникам иницирования катастрофы;
- 8) по поражающим факторам источников горнопромышленных ЧС;
- 9) по характеру действия поражающего фактора источника ЧС;
- 10) по классу пожара, происходящего на объекте;
- 11) эндогенные пожары – по степени опасности самовозгорания.

Для адекватного реагирования на чрезвычайные ситуации последние по степени тяжести классифицируются на 6 классов (табл. 1). Каждый  $j$ -й ( $j=1, \dots, 6$ ) класс выделяется с помощью четырех параметров, характеризующих последствия ЧС:  $w_1$  – число пострадавших;  $w_2$  – число людей, у которых оказались нарушены условия жизнедеятельности;  $w_3$  – размер материального ущерба (в единицах минимальных размеров

оплаты труда на день возникновения ЧС);  $w_4$  – размер зоны распространения поражающих факторов ЧС;  $w_{4л}$  – пределы территории производственного объекта;  $w_{4м}$  – пределы населенного пункта;  $w_{4т}$  – пределы субъекта РФ;  $w_{4р}$  – пределы территории двух субъектов РФ;  $w_{4ф}$  – пределы территории РФ [6].

Таблица 1

## Классификация ЧС по степени тяжести последствий

Параметр	Локальная	Местная	Территориальная	Региональная	Федеральная	Транс-граничная
Количество пострадавших, чел.	$\leq 10$	$10 < w_1 \leq 50$	$50 < w_1 \leq 500$	$50 < w_1 \leq 500$	$w_1 > 500$	-
Количество людей с нарушенными условиями жизнедеятельности, чел.	$\leq 100$	$100 < w_2 \leq 300$	$300 < w_2 \leq 500$	$500 < w_2 \leq 10^3$	$w_2 > 10^3$	-
Ущерб, мин. размер оплаты труда	$\leq 10^3$	$10^3 < w_3 \leq 5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3 < w_3 \leq 5 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^5 < w_3 \leq 5 \cdot 10^6$	$w_3 > 5 \cdot 10^6$	-
Размер зоны	$0 \leq w_{4л}$	$w_{4л} < w_4 \leq w_{4м}$	$w_{4м} < w_4 \leq w_{4т}$	$w_{4т} < w_4 \leq w_{4р}$	$w_{4р} < w_4 \leq w_{4ф}$	$w_4 > w_{4ф}$

Исходя из разницы в размерах причиняемого опасным происшествием вреда, выраженного в длительности простоя оборудования, их разделяют на аварии и инциденты (при возникновении несчастных (групповых) случаев, происшествия классифицируют как аварии) [7]:

инцидент – отказ или повреждение технических устройств, отклонение от режима технологического процесса, нарушение положений нормативных правовых актов РФ, нормативных технических документов, устанавливающих правила ведения работ;

авария – разрушение подземных выработок, трубопроводов, коммуникаций, зданий и сооружений, технических устройств, применяемых на ОПО, неконтролируемые взрывы, выбросы веществ, пожары, обрушения горной массы и другие нарушения жизненного цикла производственных процессов.

Потенциально опасные объекты по степени опасности подразделяются на пять классов [8].

Потенциально опасные объекты, аварии на которых могут являться источниками возникновения:

- федеральных и/или трансграничных ЧС, относят к 1 классу;
- региональных ЧС, относят ко 2 классу;
- территориальных ЧС, относят к 3 классу;
- местных ЧС, относят к 4 классу;
- локальных ЧС, относят к 5 классу.

По степени тяжести повреждения здоровья (повреждения и осложнения, связанные с этими повреждениями) несчастные случаи (аварии) на производстве подразделяются на две категории: тяжелые и легкие [9].

К тяжелым случаям относятся:

1) повреждения здоровья, острый период которых сопровождается шоком, комой, кровопотерей более 20%, эмболией;

2) проникающие ранения черепа, перелом черепа и лицевых костей, ушиб головного мозга, внутричерепная травма, проникающие ранения позвоночника, переломы позвоночника, закрытые повреждения шейного отдела спинного мозга, переломы грудных и поясничных позвонков, ранения грудной клетки, ранения живота, термические ожоги.

На основании анализа хроник аварий, происшедших на предприятиях, подконтрольных Госгортехнадзору России, за два года, а также стандартов по безопасности в ЧС авторами уточнена структура опасности при техногенных катастрофах горнопромышленного характера (определены источники инициирования катастроф, поражающие факторы источников, характер действия поражающих факторов источников катастроф), выявлены наиболее разрушительные и часто возникающие в горнопромышленном комплексе аварии и катастрофы (рис. 2).

При подземных горных работах к числу наиболее распространенных катастроф, наносящих наибольший материальный ущерб и сопровождающихся максимальным риском для жизни, относятся пожары, взрывы газов и пыли, обвалы и обрушения горных пород, горные удары, катастрофы от аварий оборудования, прорывы воды в подземные выработки.

Для открытых работ наиболее характерны прорывы вод, обрушения бортов карьера, выбросы угля и газа, аварии оборудования, выделение вредных газов, горение и пожары, катастрофы от массовых взрывов.

За рассматриваемое время в горнопромышленном комплексе произошло 57 аварий (17,2% от общего их количества). Пострадал в этих авариях и катастрофах 361 человек, из которых смертельно травмировано 164 человека, при этом на горнопромышленный комплекс приходится 56,5% от общего числа пострадавших за рассматриваемый период и 68,3% случаев со смертельным исходом (рис. 3).

За 2001 – 2004 гг. две аварии горнопромышленного характера произошли в Уральском управлении Госгортехнадзора, причем обе - на шахте "Егоршинская" ОАО "Вахрушевуголь". Все происшедшие в горнопромышленном комплексе аварии относятся к угольной промышленности (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика аварийности и травматизма  
на предприятиях угольной промышленности**

Год	Число аварий по отношению к предыдущему году	Количество смертельно травмированных по отношению к предыдущему году	Удельный показатель смертельного травматизма, чел./млн т
1997	0,71	1,81	0,99
1998	0,96	0,57	0,60
1999	0,72	0,75	0,41
2000	0,87	1,11	0,45
2001	1,00	0,93	0,40
2002	0,79	0,78	0,35
2003	1,11	1,19	0,37

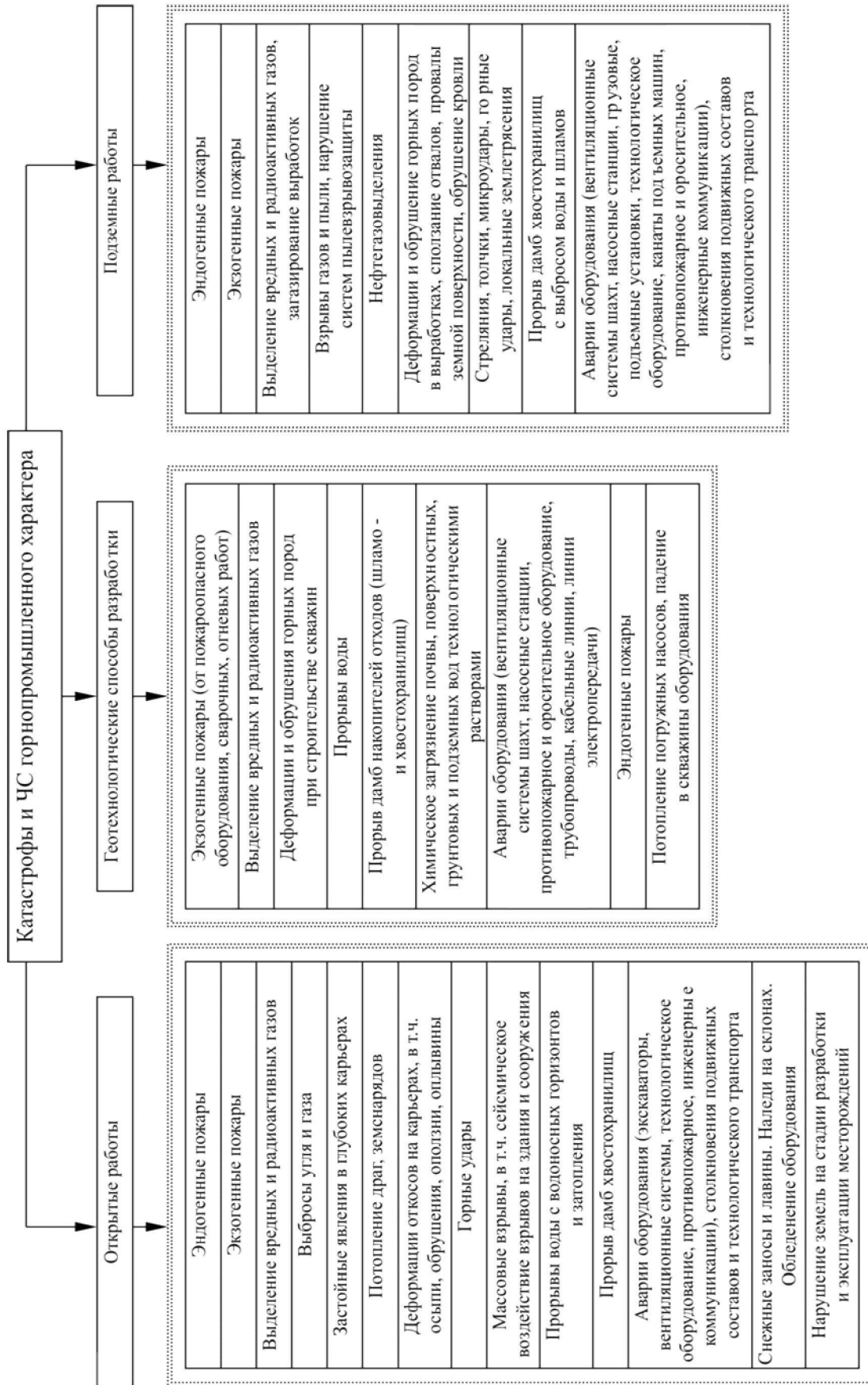


Рис. 2. Классификация опасных техногенных происшествий (аварий, катастроф) горнопромышленного характера

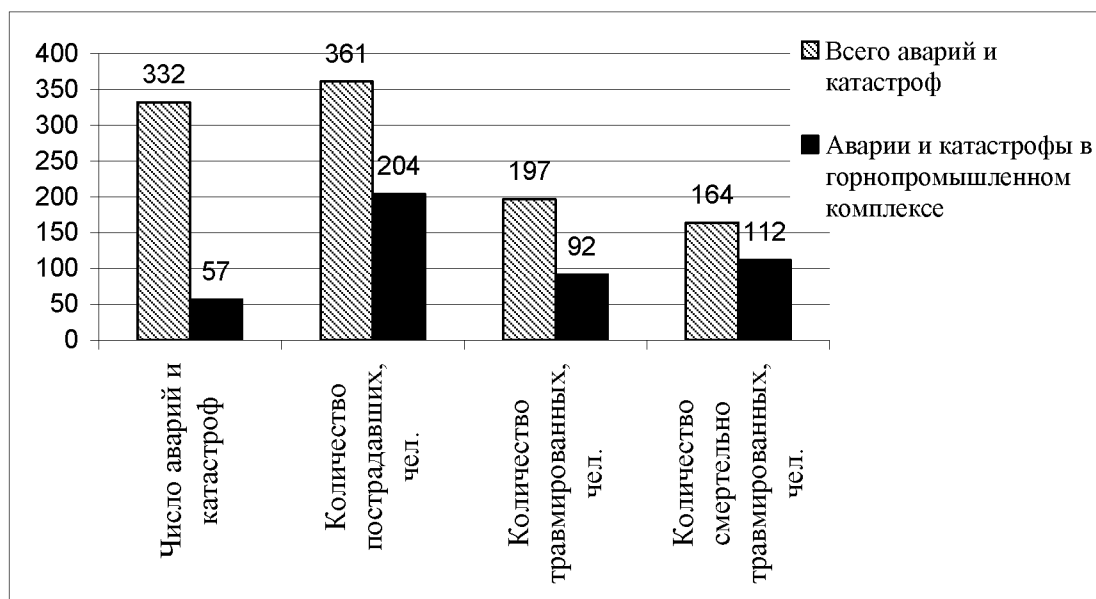


Рис. 3. Аварийность и травматизм на предприятиях, подконтрольных Госгортехнадзору РФ (11.2001 - 05.2004 гг.)

Свердловская область располагает горнопромышленными районами (ГПР) и узлами (ГПУ) различной степени опасности по ЧС и катастрофам.

К ГПР и ГПУ *высокой степени опасности* отнесены:

Березовский ГПУ – опасность по возникновению обвалов и провалов поверхности от старых горных выработок;

Карпинский ГПР – опасность по возникновению прорывов воды в карьер (река Турья), сползанию бортов карьеров и самовозгоранию угля;

Североуральский ГПР относится к этой же группе с наиболее вероятными прорывами вод в шахты, горными ударами, обвалами и провалами поверхности от горных выработок.

К группе *средней степени опасности* относятся:

Качканарский ГПР с характерными для него прорывами плотин шламохранилища;

Тагильский ГПР с вероятностью провалов от старых выработок и прорывов плотин шламохранилища;

Кировградский ГПР, Красноуральский, Турьинский, Дегтярский ГПУ, где катастрофичными событиями могут быть шахтные кислотные воды, токсичные отходы обогатительных фабрик, провалы поверхности;

Егоршинский ГПУ, где катастрофу могут вызвать провалы поверхности, самовозгорание угля.

Установив уровень потенциальной уязвимости по каждому ГПУ и ГПР, в дальнейшем предполагается проранжировать их по степени необходимых антикатастрофных инвестиций.

Говоря о состоянии промышленной безопасности в угольной отрасли вообще, следует отметить, что при положительных тенденциях по снижению общего числа аварий и относительного показателя смертельного травматизма, ежегодное число взрывов, обвалов и обрушений не сокращается, и противоаварийная устойчивость угольных предприятий РФ оставляет желать лучшего (рис. 4).

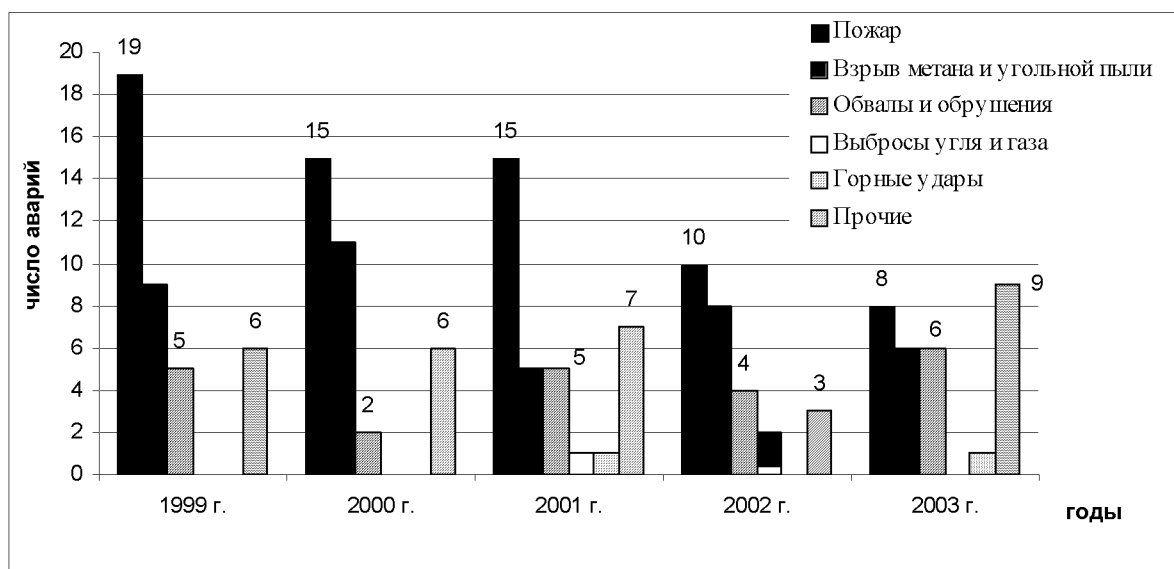


Рис. 4. Аварии и катастрофы на предприятиях угольной промышленности

Рассмотрим и охарактеризуем основные источники инициирования техногенных катастроф горнопромышленного характера.

**Пожары**, классификация которых приведена в табл. 3, – это процесс, характеризующийся социальным и/или экономическим ущербом в результате воздействия на людей и/или материальные ценности факторов термического разложения и/или горения, развивающийся вне специального очага, а также применяемых огнетушащих веществ [10].

Таблица 3

### Классификация пожаров

Класс пожара	Характеристика класса	Подкласс	Характеристика подкласса
А	Горение твердых веществ	А1	Горение твердых веществ, сопровождаемое тлением (например, дерева, бумаги, соломы, угля)
		А2	Горение твердых веществ, не сопровождаемое тлением
В	Горение жидких веществ	В1	Горение жидких веществ, не растворимых в воде, а также сжижаемых твердых веществ
		В2	Горение жидких веществ, растворимых в воде
С	Горение газообразных веществ		
D	Горение металлов	D1	Горение легких металлов, за исключением щелочных (например, алюминия, магния)
		D2	Горение щелочных и других подобных металлов
		D3	Горение металлосодержащих соединений

**Пожар эндогенный** – пожар, который вызван самовозгоранием полезного ископаемого, породы или горючего материала. Эндогенные пожары возникают в выработанных пространствах, целиках, породных отвалах угольных шахт и сульфидных рудников, могут возникать подземные эндогенные пожары пластов углей и торфа [11]. Эндогенные пожары представляют опасность для проведения работ, являясь основным источником выделения в атмосферу разреза окиси углерода, накопление которой опасно.

1. *Самовозгорание торфа* – воспламенение торфа в результате его окисления кислородом, которое вызывается совместным действием биохимических, химических и физических факторов. Склонность торфа к самовозгоранию зависит от его ботанического состава, степени разложения и физико - химических свойств. По степени эндогенной пожароопасности торф делится на две категории: опасную и малоопасную. К первой относится торф, выработанный на полях первого года эксплуатации, а также торф, добытый на полях, эксплуатируемых в течение нескольких лет, при условии, что в предыдущем году в штабелях торфа на этих полях возникали отдельные очаги. В остальных случаях торф относится к малоопасной категории.

2. *Самовозгорание угля* – воспламенение угля в результате непрерывно развивающихся окислительных реакций в самом веществе. Самовозгоранию подвержены бурые и каменные угли, пласты которых самовозгораются в основном в местах выхода на поверхность. Часто самовозгорание угля возникает в угольных шахтах. На самовозгорание угля влияют геологические особенности месторождения - угол падения пласта и мощность пласта (табл. 4).

Таблица 4

**Классификация месторождений угля  
по степени опасности самовозгорания [12]**

Геологические особенности месторождения	Малоопасное месторождение	Умеренно опасное месторождение	Опасное месторождение
Угол падения пласта	меньше 25°	25-50°	более 50°
Мощность пласта	менее 2 м	2-3,5 м	более 3,5 м

### **Экзогенные пожары**

Экзогенный – пожар, вызванный воспламенением горючего материала (полезного ископаемого, крепи, конвейерных лент и т.д.) вследствие нагревания его от внешнего источника тепла (неисправного электрооборудования, трения). Экзогенные пожары относятся к наиболее тяжёлым авариям по величине наносимого ими материального ущерба и созданию потенциально опасной ситуации для жизни горнорабочих.

### **Выделение и взрывы вредных и радиоактивных газов и пыли**

Существенную опасность для людей представляют газы, скопления которых образуются в выработанном пространстве в результате газовыделения из полезных ископаемых и вмещающих пород. Такие подземные хранилища, образующиеся при отработке сближенных и мощных пластов, могут занимать огромные объёмы и содержать большое количество газов как в свободном состоянии, так и в сорбированном на поверхности горной массы. При определенных условиях эти газы могут медленно поступать или выбрасываться залпом на поверхность.

Наиболее опасными газами, образующими скопления в выработанном пространстве угольных шахт и выделяющимися на поверхность, являются метан, окись углерода, водород и радон. Как показывает анализ данных геологических исследований и причин ряда аварий, возникновение и развитие газодинамических явлений наиболее вероятно и возможно в зонах тектонических нарушений, разломов и т.д., а также возрастает с глубиной ведения горных работ [13].

1. *Выделение и взрывы метана.* Случаи вспышек взрывов метана известны горнякам с XVI века. В России первый взрыв метана произошел в 1878 г. В настоящее время на долю взрывов метана, обычно осложняющихся взрывами пыли, в угольных шахтах приходится около 10% от общего числа травмируемых с летальным исходом. Взрывы метана и угольной пыли – несомненные лидеры по числу одновременно травмируемых людей.

Метан насыщает угольные пласты и вмещающие их горные породы и выделяется при проведении горных выработок. Как легкий газ, он поднимается в верхние части выработок, образуя скопления. Содержание метана в которых может достигать взрывоопасных пределов (5 – 16% в воздухе по объему). При наличии таких скоплений любой источник высокой энергии (электрическая искра, открытый огонь, трение при сдвиге горных пород и др.) может вызвать взрыв метана. Взрыв наибольшей силы происходит при концентрации метана около 9,5% [14], опасность при этом представляет динамическое воздействие взрывной волны, высокая температура продуктов, отравление содержащимся в них диоксидом углерода, резкое снижение содержания кислорода в воздухе.

2. *Выделение радона.* Обычно содержание радиоактивного газа радона, образующегося при распаде находящегося в горных породах радия, в атмосфере выработанного пространства существенно. Усиленный вынос радона из внутреннего объема и с поверхности горных пород в воздух происходит при их разрушении, а также в случае нагрева. Образующиеся при распаде радона и его дочерних продуктов альфа-, бета- и гамма-излучения разрушают биологические ткани.

3. *Выделение двуокиси углерода.* Предельно допустимая концентрация двуокиси углерода в воздухе рабочей зоны для угольных и озокеритовых шахт установлена в пределах 0,5% (по объему) или 9,2 г/м<sup>3</sup>. При больших концентрациях газ оказывает вредное влияние на здоровье человека, так как он тяжелее воздуха в полтора раза и может накапливаться в слабопрветриваемых помещениях у пола и в приямках. При этом снижается объемная доля кислорода в воздухе, что может вызвать явление кислородной недостаточности и удушья.

4. *Выделение окиси углерода и водорода.* Основными источниками окиси углерода и водорода в рудничной атмосфере являются подземные пожары. Концентрация этих газов в выработанном пространстве с очагами самовозгорания достигает 15-20%. Отравление людей происходит при концентрации окиси углерода 0,048% (для сильного отравления достаточно 0,128%), а взрыв газовой смеси может возникнуть при поступлении в воздух 5 – 16% метана или 4 – 74% водорода [15]. Газовые скопления серьезно угрожают безопасности горнорабочих.

5. *Взрывы пыли.* Взрывчатая пыль (ВП) – это пыль (в основном размером 0,075 мм), способная в смеси с воздухом воспламениться при тепловом и ударно-волновом воздействии. На предприятиях горной промышленности ВП образуется из углей всех марок (кроме антрацитов), горючих сланцев, серы. Степень взрывчатости зависит от вида вещества, образовавшего пыль, ее дисперсного состава, выделения летучих ве-

шеств при нагреве, влажности, от содержания золы. Температура взрыва ВП углей 575 – 850° С. Максимальный эффект взрывчатости достигается при содержании в 1 м<sup>3</sup> воздуха 300 – 400 г/м угольной пыли.

Взрывчатые концентрации пыли в шахтах могут возникать при взрывных работах, работе горных комбайнов (вблизи рабочих органов), не оборудованных средствами пылеподавления. Опасна не только витающая пыль, но и отложившаяся на поверхности горных выработок, так как она легко может переходить во взвешенное состояние.

#### **Нефтегазовыделения в шахтах**

Серьезную опасность в некоторых шахтах представляют нефтегазовыделения. Например, на шахте им. Ленина (Кизеловский бассейн, Пермская область) с 1961 по 1967 гг. произошел всего один взрыв углеводородов и пять загораний нефти. Самое крупное удалось ликвидировать только путем затопления горных выработок.

#### **Деформации и обрушения горных пород**

1. *Деформации горных пород* – изменение относительного положения частиц пород, вызывающее изменение размеров, объема, формы отдельностей или участков массивов горных пород. Деформации могут вызывать действия естественных статических (горного давления) и динамических нагрузок (тектонических движений, выбросов угля и газов, горных ударов), а также механического нагружения, взрывов, термического, электрического и магнитного воздействий в процессе ведения горных работ.

Деформации разделяют на: упругие, исчезающие после прекращения вызвавшей их нагрузки; пластические, если после снятия нагрузки они не исчезают; предельные (разрушающие), сопровождающиеся нарушением сплошности. По преобладающему типу деформаций горные породы подразделяются на упругохрупкие (кварциты, граниты), упругопластические (роговики, базальты) и пластические (мраморы, гипсы) [16].

2. *Обрушение* – сдвигание горных пород с отделением от массива кусков, глыб, блоков и т.п. – происходит из-за ослабления сил сцепления между отдельными частями массива. Обрушение может быть вызвано принудительным воздействием на массив (взрыв, механическое и гидравлическое воздействие); долговременным влиянием на массив естественных природных факторов; кратковременным воздействием толчков при горных ударах, выбросах угля, газа и землетрясениях.

#### **Деформации и обрушения в подземных горных выработках**

1. *Обрушение кровли* – сдвигание горных пород, покрывающих пласт полезного ископаемого или вмещающих рудное тело, сопровождающееся их вывалом в подземную горную выработку.

При подземной разработке отрицательное воздействие обрушения компенсируется комплексом мер по поддержанию и регулированию изменений параметров выработок, состояния горных пород (крепление, охрана, наработка, подработка и др.).

2. *Горные удары* (динамические проявления горного давления) – внезапное быстроспротекающее разрушение предельно напряжённой части массива породы, прилегающей к подземной горной выработке. Горные удары, которые обычно происходят при глубинах разработки около 200 м, сопровождаются выбросом пород в горную выработку, сильным звуковым эффектом, возникновением мощной воздушной волны. Неравномерность распределения напряжений массива пород и рудной залежи, высокая геологическая нарушенность шахтных полей, технологические особенности разработки могут привести к горным ударам.

Выбросоопасность – вероятность возникновения выбросов главным образом угля или породы и газа – устанавливается на основании учёта ранее происшедших вне-

запных выбросов и посредством прогноза. По выбросоопасности угольные пласты разделяются на неопасные, угрожаемые и опасные; вмещающие породы – на опасные и неопасные. Угрожаемые и опасные по выбросам угольные пласты и породы разрабатываются с применением защитных мероприятий. Выбросоопасность возрастает с увеличением глубины горных работ. По силе проявления горного давления выделяют: стреляния; толчки; микроудары; собственно горные удары, которые проявляются в краевых частях подготовительных и очистных выработок, в целиках.

Угольные шахтопласты, рудные и нерудные месторождения являются угрожаемыми по горным ударам, если в их составе имеются хрупкие породы (уголь), возникают достаточно высокие напряжения в нетронутом массиве или если при ведении горных работ происходят стреляния и толчки. К опасным по горным ударам относятся части угрожаемого шахтопласта или месторождения, начиная с глубины, на которой при ведении горных работ появились микроудары и горные удары или удароопасность установлена на основе прогноза.

### **Деформации горных пород при открытой разработке**

Деформация откосов на карьерах – это изменение формы откосов уступов карьеров и бортов отвалов под воздействием естественных и горно-технологических факторов. Деформация откосов возникает в результате несоответствия угла наклона или высоты откосов технологии ведения основных горных и дренажных работ, геологическим и гидрогеологическим условиям месторождения; подработки откосов подземных горных выработок; неправильного выбора методов расчёта параметров откоса и т.п. Различают следующие виды деформации откосов: осыпи, обрушения, оползни, оплывины.

1. *Обрушение и падение* вниз по склону больших масс горных пород происходит вследствие нарушения устойчивости массива породы при изменении их влагонасыщенности, подрезке склонов. В обрушение иногда вовлекаются десятки и сотни тысяч метров пород.

2. *Оползни* захватывают большие массивы пород и могут развиваться в течение нескольких лет.

3. *Оплывины* носят катастрофический характер и опасны для горнотехнических сооружений и жилых районов.

### **Буровые и взрывные работы (БВР)**

Применяемая в настоящее время на карьерах технология БВР не исключает образования оползней и обрушений.

При ведении *открытых горных работ* БВР вносят наибольший вклад в загрязнение окружающей среды и использование природных ресурсов (БВР имеют наибольшую долю (71,9%) в общем производственно-технологическом водопотреблении). При взрывных работах отмечено наибольшее количество выбросов токсичных веществ (57,6%). Наибольшая доля в производственно-технологическом водопотреблении при *подземной разработке* также принадлежит буровым работам (61,6%); максимальные выброс (64,6%) и сброс (55,3%) токсичных веществ соответствуют взрывным работам.

Массовые взрывы также могут оказывать сейсмическое воздействие на здания и сооружения, что приводит к разрушениям и гибели людей.

### **Прорыв вод**

1. *Прорыв дамб хвостохранилищ*. Хвостохранилища рудников – объекты повышенной опасности из-за возможного возникновения на них солевых прорывов. Из крупных хвостохранилищ с ограниченным сроком покоя выделяют отвалы каньонного, овражного и равнинного типов [17].

Водонасыщение от дождей, а также повышенные скорости потоков гидросмеси у выпусков способствуют тому, что верхние слои могут стать источником напорной фильтрации во влагонасыщенные слои песков, что способствует нарушению устойчивости откосов. Причиной возникновения ЧС на хвостохранилищах может стать также нарушение свайного крепления промежуточных дамб и транспортных путей вдоль дамб.

2. *Прорыв воды с водоносных горизонтов или условия больших притоков воды в подземные выработки.* Для Илецкого месторождения каменной соли, разрабатываемого подземным способом с 1889 г., прорывы вод и рассолов в подземные горные выработки стало делом "привычным". Первый прорыв зафиксирован в 1919 г. Начиная с 1968 г. постоянно затапливались камеры, находящиеся непосредственно под оз. Развал, которое образовалось на месте бывшего карьера. В 2003 г. в результате карстообразовательных процессов на берегу оз. Малое Городское образовалась серия карстовых воронок, которые объединились в единый провал глубиной до 13 м, длиной до 56 м, шириной до 48 м, объемом до 20 тыс. м<sup>3</sup>. В результате уровень воды в озере понизился на 25 см. Дальнейшая разработка месторождения небезопасна для работающих на руднике и населения [18].

#### **Нарушение земель на стадии разработки, эксплуатации месторождений после закрытия шахт**

При открытом способе разработки к нарушенным землям относятся площади карьеров, внешних отвалов и отводов под производственно-технологические автодороги. При подземном способе разработки полезных ископаемых нарушенными являются площади провалов и оседаний земной поверхности, а также отводов под производственно-технологические автодороги. В последние годы происходит форсированное закрытие особо убыточных, опасных и неперспективных шахт, что может сопровождаться возникновением и кумуляцией ряда опасных, широкомасштабных процессов и явлений.

За время существования угольных шахт в разрабатываемых ими массивах горных пород сформировались многочисленные полости, представленные действующими и заброшенными подземными горными выработками, зияющими трещинами горного давления, техногенными карстовыми пустотами и т.п. Благодаря функционированию систем водоотлива значительная часть подземных полостей была осушена и заполнилась воздухом, содержащим различные компоненты, в том числе токсичные, пожаро- и взрывоопасные газы, а также значительные накопления опасных для жизни и здоровья человека радиоактивных эманаций (радона и торона), их дочерних радиоактивных продуктов. Нередко в подземных выработках угольных шахт накапливаются загрязненные рудничные воды, содержащие такие токсичные элементы, как кадмий, литий, барий, бериллий, никель и др. при концентрациях, в тысячи раз превышающих предельно допустимые.

Прекращение вентиляции и водоотлива приводит к возникновению целой цепи опасных процессов миграции загрязненных жидких и газообразных веществ из подземного пространства по направлению к обитаемой поверхности Земли. Важнейшим из этих процессов является восстановление естественного уровня подземных вод, пониженного в процессе осушения шахтных полей на десятки и сотни метров. Восстановление и соответствующий подъем уровня подземных вод приводит к возобновлению деятельности существовавших ранее, до строительства шахт, родников, появлению водотоков, а в пониженных частях рельефа поверхности – к подтоплению и заболачиванию территорий. Поступление из выработанного пространства загрязненных рудничных вод

губительно действует на почвенно-растительный слой, приводит к ухудшению качества поверхностных вод, используемых для питьевого водоснабжения, угнетающе действует на местную флору и фауну. Массовое закрытие шахт повышает масштабы накладываемых одно на другое опасных последствий до реально катастрофических [19].

### **Экологическое воздействие геотехнологических методов разработки месторождений**

Рост себестоимости традиционной добычи полезных ископаемых вследствие инфляции и выбывания по этой причине части балансовых запасов в низкорентабельные или убыточные определяет необходимость применения прогрессивных технологий. Внедрение, например, способа выщелачивания в золотодобывающей и урановой промышленности позволило значительно расширить существующую сырьевую базу, вовлечь в эксплуатацию небольшие месторождения, освоение которых другими способами нерентабельно.

К основным преимуществам отработки мелких месторождений геотехнологическими методами относятся небольшие сроки разведки при малых затратах на нее; незначительные капиталовложения на строительство комплекса; возможность быстрого ввода в эксплуатацию; несложно демонтируемое горное и технологическое оборудование с возможностью использования его на новых объектах; небольшой срок отработки запасов.

Анализ опыта работы геотехнологических производств показывает, что степень воздействия их на окружающую среду объектов выщелачивания значительно ниже, чем предприятий с традиционной технологией добычи и переработки, так как исключается необходимость отвода больших земельных площадей, почти не нарушается природный ландшафт, уменьшается степень загрязнения окружающей природной среды отходами промышленного производства благодаря отсутствию хвостохранилищ.

Тем не менее, отрицательное экологическое воздействие может проявиться в ухудшении фоновых показателей территории, поверхностных, грунтовых и подземных вод, в ряде случаев – в фильтрации и растекании технологических растворов из-под основания куч, а также в аварийных прорывах технологических растворов [20].

В заключение отметим, что в современных условиях план развития предприятия горнопромышленного комплекса определяют, прежде всего, экономические факторы, а затраты на осуществление необходимых мероприятий для создания экологической безопасности повышают себестоимость продукции и являются сдерживающими факторами увеличения производственной мощности. В этом случае система управления окружающей средой должна стимулировать предприятие предпринимать какие-либо действия (например, внедрять передовые технологии), чтобы природоохранные затраты не нарушали его экономические интересы.

Кроме того, именно система экологического управления должна учитывать не только потребности производства, но и интересы общества, касающиеся окружающей природной среды, ибо экономическая деятельность не может быть оправдана, если выгода от нее не превышает вызываемого этой деятельностью ущерба.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Государственный доклад "О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2003 году". М.: ВНИИТИ, 2004. 203 с.
2. ГОСТ Р 22.0.05-94 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.
3. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2003. 576 с.
4. Гумилев Л.Н. Этносфера: история людей и история природы. М.: Энергоатомиздат, 1993. 544 с.
5. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 № 116-ФЗ.
6. Положение о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера / Утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 13.09.1996 г. № 1094.
7. РД 06-376-00 "Методические рекомендации по классификации аварий и инцидентов на опасных производственных объектах горнорудной промышленности и подземного строительства". Утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 11.08.2000 г. № 45.
8. Приказ МЧС от 28 февраля 2003 г. № 105 "Об утверждении Требований по предупреждению ЧС на потенциально опасных объектах и объектах жизнеобеспечения".
9. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 24.02.05 № 160 "Об определении степени тяжести повреждения здоровья при несчастных случаях на производстве".
10. ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ "Пожарная безопасность. Общие требования". Введен с 01.07.92.
11. Горная энциклопедия. М.: Сов. Энцикл. 1989. Т.4. С. 177.
12. Михно Е.П. Ликвидация последствий аварий и стихийных бедствий. М.: Атомиздат, 1979. 288 с.
13. Субботин А.И., Локтюшин А.А., Быков И.Н., Сурков А.В. Лавинообразные механизмы генерации рудничных газов и проблемы безопасности горных работ // Безопасность труда в промышленности. 2002. №10. С. 32 – 33.
14. Горная энциклопедия. М.: Сов. Энцикл. 1984. Т.1. С. 379.
15. Портола В.А. Образование подземных скоплений газа и опасность их выноса на поверхность // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1996. Вып. 11. С. 58 – 63.
16. Горная энциклопедия. М.: Сов. Энцикл. 1985. Т.2. С. 217.
17. Смолдырев А.Е. Безопасные способы опробования рудных хвостохранилищ // Безопасность труда в промышленности. 2002. № 2. С. 41 – 44.
18. Лаптев Б.В. О проблемах разработки Илецкого месторождения соли // Безопасность труда в промышленности. 2004. №6. С. 53 – 54.
19. Смирнов Т.В., Дымна А.И., Першикова Е.Т. Опасность массового закрытия угольных шахт // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 1996. Вып.8. С. 38 – 40.
20. Черный К.Н. Кучное выщелачивание золота в круглогодичном режиме // Горный журнал. 2006. № 1. С. 19 – 20.