Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова.
1986, т. 109

УДК 624.131.1:622.03

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ГОРНО-ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.Д.ЛОМТАДЗЕ

Проблема охраны окружающей среды при разработке месторождений полезных ископаемых является исключительно сложной. Строительные и горные работы выполняются в пределах многих бассейнов, рудных поясов и зон на тысячах месторождений различных видов полезных ископаемых. Горные работы ведутся более чем на тысяче шахт и более чем на 6 тысячах карьеров. Современные горные выработки – карьеры и шахты – достигают большой глубины. Карьеры глубиной 100–200 м и даже 300 м – явление обычное; проектируются карьеры глубиной более 500–600 м. Глубина горных выработок 300–500 и 600 м при подземном способе разработки месторождений – также обычное явление, и фронт горных работ на больших глубинах непрерывно расширяется. В Донбассе, Криворожском и Северо-Уральском бассейнах и в Норильске уже теперь имеются шахты глубиной более 1000 м, а за рубежом более 3000 и 4000 м. Общая протяженность горизонтальных и наклонных подземных горных выработок на месторождениях достигает многих десятков и сотен километров. Соответственно все большие площади занимают отвалы, гидроотвалы, хвосто- и шламохранилища и другие объекты горно-добывающих предприятий. Все это определяет зону их влияния, которая захватывает огромные пространства, вызывая изменения геологической среды, включая разрушения и загрязнения.

Задачу охраны геологической среды можно решать двумя путями. Первый основан на последовательном изучении причин, закономерностей распространения и динамики каждого явления в пределах существующей или возможной зоны влияния горно-добывающего предприятия и получения таким образом общей оценки состояния изменения геологической среды. Второй – на оценке состояния изменений геологической среды сразу в целом в пределах зоны влияния рассматриваемого предприятия с учетом всех имеющихся материалов, теоретических предпосылок и практического опыта. Инженерно-геологический анализ такой информации позволяет практически незамедлительно определять комплекс мероприятий по рациональному использованию геологической среды и ее охране, а также план дополнительных исследований на отдельных участках, если в этом возникнет необходимость. Представляется, что второй путь более рационален, так как позволяет быстрее решать неотложные

задачи. Однако нельзя противопоставлять оба пути решения задач. В каждом конкретном случае следует выбирать наиболее оптимальный.

Инженерная геология, как известно, призвана изучать сущность геологических процессов и явлений, происходящих при взаимодействии сооружений и инженерных работ с геологической средой как в широком, региональном плане, так и в узком, конкретном [2]. Одни из этих взаимодействий вызывают изменения неизбежные, их планируют и проектируют в связи с необходимостью разработки месторождений. Другие, непреднамеренные, происходят при нарушении природных равновесий и соответствий в геологической среде, возникновении и развитии геологических процессов и явлений как естественных, так и связанных со строительством сооружений, выполнением горных работ и хозяйственным освоением территорий. Чтобы изменения территорий, геологической среды (как неизбежные - проектируемые, так и непреднамеренные) не превышали допустимых пределов, ими управляют, т.е. выполняют мероприятия по их предупреждению, ограничению, по рациональному использованию территорий и их защите, а после полной или частичной отработки месторождений рекультивируют земли.

Сейчас наиболее прогрессивным считается открытый способ разработки месторождений полезных ископаемых, так как он позволяет шире применять механизацию работ, обеспечивает рост производительности предприятия и экономически более выгоден.

При проектировании карьеров главной задачей является определение конструкции их бортов (число уступов, их высота и крутизна откосов), назначения, числа и ширины берм, расположения съездов и генеральных углов заложения рабочих и нерабочих бортов карьеров. Если высота уступов, ширина берм и другие элементы конструкции карьера в значительной степени зависят от технологических условий разработки месторождения (система разработки, применяемое горное оборудование, вид транспорта и др.), то крутизна откосов уступов и бортов карьера, - главным образом, от инженерно-геологических условий карьерного поля или его отдельных участков.

Крутизна откосов на каждом конкретном участке должна быть оптимальной, т.е. допустимо наибольшей, при которой карьер занимал бы наименьшую площадь карьерного поля, а его борта были бы устойчивыми, т.е. на них не происходило бы геологический явлений, угрожающих безопасности и нормальным эффективным условиям производства горных работ [1,3]. Следовательно, обосновывая инженерно-геологическими данными крутизну бортов карьера и всех его конструктивных элементов и предусматривая для повышения их устойчивости другие мероприятия, управляют процессом изменения геологической среды и в первую очередь размерами используемой части земельного отвода.

При проектировании разработки месторождений полезных ископаемых подземным способом возникает исключительно сложная, многогранная и интересная проблема. Она связана с развитием геологических процессов и явлений (в том числе и горного давления), происходящих по контурам и забоям горных выработок, а также возникающих в геологическом пространстве, распро-

страняющемся далеко от горных выработок, и нередко достигающего поверхности земли [3,4,5]. Таким образом, эта проблема имеет два взаимосвязанных аспекта: развитие геологических процессов и явлений в подзоне ближнего действия горных выработок и в подзоне дальнего их влияния. Все эти процессы и явления обобщенно названы нами разрушениями, деформациями, перемещениями и сдвижениями горных пород [5]. Они, как правило, сопровождаются изменениями и разрушениями территорий, изменениями геологического строения, режима и запасов подземных вод, загрязнением поверхности земли, подземных и поверхностных вод и др. Следовательно, и в этом случае, обосновывая инженерно-геологическими данными выбор системы разработки месторождения и мероприятий по управлению геологическими процессами, явлениями, горным давлением и режимом подземных вод, можно снизить степень негативных изменений геологической среды, уменьшить зону их распространения и соответственно площадь земельного отвода.

При разработке месторождений твердых полезных ископаемых большие массы пустых пород перемещаются в отвалы. На карьерах (там, где это возможно) часть пустых пород размещают в пределах выработанного пространства и формируют внутренние отвалы, а в подземных выработках пустые породы используют для закладки выработок после выемки полезного ископаемого. Большие массы пустых пород складируют во внешние отвалы.

Когда применяют средства гидромеханизации, пустые породы перемещают потоком воды по трубам и каналам в виде гидросмеси (пульпы) и складируют в гидроотвалы, для которых подготавливают специальные площади, ограждаемые дамбами. Гидроотвалы обычно размещают на пониженных участках рельефа – в балках, оврагах, перегораживая их дамбами, а на ровных участках ограждают дамбами со всех сторон.

На тех горных предприятиях, где выполняется предварительная переработка и обогащение полезного ископаемого, образующиеся отходы перемещают и складируют также, главным образом, потоками воды по трубам в специальные хвосто-.или шламохранилища. Так как массы отходов в хвостохранилищах содержат разнообразные химические соединения, при их строительстве необходимо обращать внимание на водонепроницаемость дамб и днищ, чтобы избежать загрязнения территорий, почв, подземных и поверхностных вод.

Таким образом, возведение отвалов, гидроотвалов и устройство хвостохранилищ является обязательной составной частью технологического процесса разработки месторождений твердых полезных ископаемых. Строить их необходимо так, чтобы они имели достаточную емкость и занимали наименьшие площади. Для этого стремятся увеличить высоту дамб и крутизну их откосов, однако при этом откосы отвалов и дамб могут осыпаться, размываться дождевыми и талыми водами и подвергаться другим деформациям и разрушениям.

На устойчивость отвалов, дамб и откосов емкостей гидроотвалов и хвостохранилищ влияют также свойства горных пород, слагающих их естественные основания. Значительные и неравномерные осадки, сдвиги, выдавливание горных пород, оснований отвалов и дамб вызывают нарушения их устойчивости, разрушения, прорывы дамб и другие явления. Поэтому, когда возводят отвалы,

гидроотвалы и создают хвостохранилища, часто возникают достаточно сложные задачи инженерно-геологического обоснования их проектов, рационального использования геологической среды и ее охраны от неизбежных и непреднамеренных изменений.

При освоении месторождений полезных ископаемых, кроме неизбежных изменений геологической среды, возникают или активизируются и непреднамеренные как результат нарушения равновесий и соответствий в геологической среде и развития разнообразных геологических процессов и явлений [3,5]. Они существенно усиливают изменения в геологической среде и часто составляют опасность для жизни и деятельности людей. Следует подчеркнуть, что все они имеют геологическую природу, проявляются по-разному и в разных масштабах. Неодинаковы скорость их развития и повторяемость. Часть их проявляется быстро, внезапно, носит катастрофический характер, другие развиваются медленно, с затухающей или прогрессирующей скоростью.

Освоение месторождений полезных ископаемых требует решения комплекса задач:

1) изучение природы и механизма развития различных непреднамеренных процессов и явлений;

2) оценка степени их угрожаемости;

3) прогноз возникновения и развития;

4) рекомендация мероприятий для их предупреждения и ослабления отрицательного влияния или защиты от них.

Методы оценки, прогноза и управления конкретными непреднамеренными геологическими процессами и явлениями разнообразны, достаточно известны и многие из них хорошо апробированы. При решении практических задач уже на стадии предварительной разведки месторождений должны составляться предварительные региональные оценки и прогнозы возможных негативных изменений геологической среды и намечаться планы их защиты. В последующем такие оценки, прогнозы и планы должны уточняться при проектировании и строительстве горного предприятия и разработке месторождения.

Общепризнанных методов оценки и прогноза изменений геологической среды в целом под влиянием неизбежных и непреднамеренных явлений пока нет. Важно, чтобы такие методы были достаточно просты, не требовали трудно доступных исходных данных и чтобы результаты целостных оценок и прогнозов открывали пути решения задач рационального использования геологической среды и ее охраны.

Так как все изменения геологической среды связаны с различными ее элементами (рельефом поверхности земли, геологическими структурами, горными породами, подземными водами и т.д.), целесообразно, чтобы и показатели, используемые для оценки этих изменений, это учитывали (см. таблицу). Эти показатели позволяют последовательно рассматривать главные изменения на площади земельного отвода предприятия (или месторождения в целом), оценивать относительную роль каждого вида изменений и общие изменения в целом, составлять план мероприятий по охране геологической среды. Такой анализ позволяет оценивать степень изменения территорий конкретного предприятия,

Показатели оценки изменения геологической среды под влиянием горно-добывающих предприятий

Элемент геологической среды	Показатель
Рельеф поверхности	Площадь, занятая карьерами, шахтами и другими горными выработками Глубина карьеров Площадь, занятая отвалами Высоте отвалов Площадь, занятая шламохранилищами и другими накопителями Площадь, занятая другими сооружениями горно-добывающего предприятия Относительные превышения поверхности нового, техногенного рельефа Площадь измененного рельефа относительно площади земельного отвода $s_р/S$
Геологическое строение	Площадь распространения техногенных отложений Мощность техногенных отложений Площадь территорий, нарушенных техногенной тектоникой в зоне ближнего действия горных выработок и на подработанных участках Площадь измененных геологических условий относительно площади земельного отвода $s_г/S$
Горные породы	Площадь повышенной трещиноватости горных пород под влиянием изменения их напряженного состояния, горного давления, взрывных работ и др. Площадь измененной степени выветрелости горных пород в зоне влияния горных выработок Площадь изменения напряженного состояния горных пород (необратимых деформаций, опорного давления и др.) в зоне влияния горных выработок Площадь измененных прочности, крепости и устойчивости горных пород Площадь измененной водопроницаемости горных пород в зоне влияния горных выработок Площадь горных пород измененного физического состояния и свойств относительно площади земельного отвода $s_{гп}/S$
Подземные воды	Суммарные притоки подземных вод в горные выработки Объем откачиваемых из карьеров, шахт и дренажных систем подземных вод Понижение уровней и напоров подземных вод Площадь депрессионной поверхности подземных вод Радиус депрессионной поверхности Площади измененных расходов и направлений подземных потоков, областей их питания и разгрузки Площади измененных минерализации, химического состава и качества подземных вод Площадь измененных гидрогеологических условий относительно площади земельного отвода $s_{пв}/S$
Геологические процессы	Число участков проявления естественных геологических процессов и вызванных строительными и горными работами Площадь, подвергшаяся влиянию геологических процессов в пределах земельного отвода Площадь проявления геологических процессов относительно площади земельного отвода $s_{пр}/S$
Другие явления	Изменение расходов поверхностных потоков Площадь загрязнения поверхностных вод шахтными и рудничными водами и отходами производства Число сооружений, испытывающих деформации и разрушения в зоне влияния горных выработок Число сооружений, нормальная эксплуатация которых нарушена влиянием горно-добывающего предприятия Площадь сельскохозяйственных угодий, отчуждаемых для размещения горных предприятий или попадающих в зону их негативного влияния Площадь проявления других изменений относительно площади земельного отвода $s_{др}/S$

Примечание. В пределах нормы – $s/S \leq 1,0$; недопустимо больше нормы – $s/S > 1,0$, где s – общая площадь изменения геологической среды; S – площадь земельного отвода на период полной отработки месторождения.

сравнивать изменения на разных месторождениях и выявлять определенные закономерности.

Так как площадь общих неизбежных и непреднамеренных изменений геологической среды на период полной отработки месторождения не должна превышать площади земельного отвода горного предприятия, то на начальных этапах освоения месторождения общая площадь изменений геологической среды не должна быть больше 50 % площади земельного отвода. Остальная площадь используется по мере развития фронта горных работ и, кроме того, на отвод свободных участков (разрывов) для выполнения мероприятий по технике безопасности, противопожарных и санитарно-гигиенических.

Предварительную региональную (площадную) оценку негативных изменений территории земельного отвода горного предприятия необходимо завершать оценкой относительной роли каждого вида изменений ее элементов. Нередко такие изменения приобретают экстремальный характер и имеют исключительно важное значение для организации строительных работ, обеспечения устойчивости горных выработок и отвалов, безопасности производства горных работ и т.д. Для таких оценок необходимо привлекать количественные методы, конкретные для каждого вида явлений. Как видим, инженерно-геологический анализ предполагает последовательное применение региональных, локальных и оперативных оценок и прогнозов изменений гелогической среды от отрицательного воздействия горных предприятий [I,6].

При проектировании любого горного предприятия определяют его мощность и план развития фронта горных работ. Окончательную оценку сложности и особенностей инженерно-геологических условий конкретного месторождения или его части составляют по материалам детальной разведки, которая должна сопровождаться выполнением определенного объема инженерно-геологических работ, детальным обследованием территории земельного отвода, проходкой горных выработок при развитии вскрышных работ и строительстве первых капитальных и подготовительных выработок. Эта оценка может уточняться также данными наблюдений при выполнении работ по подготовке земельного отвода к строительным и горным работам, при предварительном осушении месторождения и производстве других работ. Наконец, при окончательной оценке инженерно-геологических условий и их особенностей должны использоваться также результаты моделирования процессов и явлений и примеры эксплуатации обоснованно выбранных месторождений-аналогов.

Все это служит надежной реальной основой не только для окончательной оценки инженерно-геологических условий месторождения, но и для составления прогноза их изменения при его разработке. Для этого важно знать тенденции, закономерности и динамику развития неизбежных и непреднамеренных процессов и явлений и учитывать мощность и производительность горного предприятия. Экстраполируя эти данные по годам, можно составить научно обоснованное предположение об изменениях геологической среды на будущее.

Завершающей частью оценки и прогноза изменений геологической среды под влиянием горно-добывающих предприятий является разработка рекоменда-

ций и предложений по управлению этими изменениями с целью их предупреждения или ограничения и создания нормальных условий для работы и жизни людей. При этом важно полно учитывать все виды возможных воздействий горнодобывающих предприятий на геологическую среду [6]. Пути реализации задач по рациональному использованию геологической среды и ее охране от отрицательного воздействия горно-добывающих предприятий рассмотрены в работе [6].

Выводы

1. При освоении месторождений часть воздействий на геологическую среду будет развиваться сразу, другие – по мере расширения фронта строительных и горных работ. Некоторые геологические явления на площади месторождения могут активизироваться, развитие других будет ограничено или локализовано выполнением подготовительных работ и специальных мероприятий.

2. В состав мероприятий, определяющих пути охраны геологической среды, следует включать традиционные, достаточно апробированные в строительной и горной практике, известные и проверенные, но пока недостаточно широко используемые, а также новые. Эти мероприятия могут быть объединены в следующие группы:

1) профилактика;

2) уточнение и изменение нормативных положений для улучшения инженерно-геологического обоснования проектов;

3) разработка комплексных схем охраны геологической среды применительно к различным видам месторождений полезных ископаемых с учетом сложности их инженерно-геологических условий, способа и системы разработки и переработки минерального сырья;

4) контроль за выполнением охранных правил и мероприятий в определенной последовательности как в пределах земельных отводов, так и во времени.

3. Все мероприятия по рациональному использованию геологической среды и ее охране (включая рекультивацию земель по мере частичной или полной отработки месторождения) должны являться составной частью проектов строительства горно-добывающих предприятий и поэтому их осуществление необходимо увязывать со всеми видами и сроками работ по подготовке месторождения к освоению, его вскрытию и разработке, образованию отвалов и гидроотвалов и др. Только при полной увязке проектируемых сооружений с геологической средой можно обеспечить выбор эффективных и экономичных решений. При разработке комплексной схемы охраны геологической среды и конкретных мероприятий, ее составляющих, на каждом месторождении необходимо иметь данные, определяющие роль каждого вида воздействий на нее, чтобы можно было оценивать относительную роль изменений каждого элемента инженерно-геологических условий территории, занимаемой горным предприятием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л., Недра, 1977.

2. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология. Л., Недра, 1978.

3. Ломтадзе В.Д., Чхеидзе Д.В. Инженерно-геологические основы рационального использования геологической среды и ее охраны при разработке месторождений полезных ископаемых. – В кн.: Доклады 27-го Международного конгресса. Секция С-17. М., Наука, 1984. Т. 17.

4. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология месторождений твердых полезных ископаемых. – Инженерная геология, 1981, № 2.

5. Ломтадзе В.Д. Проблемы инженерной геологии месторождений твердых полезных ископаемых. – Инженерная геология, 1984, № 1.

6. Ломтадзе В.Д. Охрана геологической среды при разработке месторождений полезных ископаемых. – Зап. ЛГИ, 1984, т. 100.